



# Konstrukce tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství  
*Autor práce:* **Evgeny Yuzhanin**  
*Vedoucí práce:* doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.





# **The construction of forming device for the production of filter preform**

## **Bachelor thesis**

*Study programme:* B2301 – Mechanical Engineering  
*Study branch:* 2301R000 – Mechanical Engineering  
*Author:* **Evgeny Yuzhanin**  
*Supervisor:* doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Evgeny Yuzhanin**

Osobní číslo: **S16000268**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojní inženýrství**

Název tématu: **Konstrukce tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru**

Zadávací katedra: **Katedra textilních a jednoúčelových strojů**

### Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

1. Navrhněte a konstrukčně zpracujte funkční model strojního zařízení určeného pro rylování polotovaru pro výrobu filtrační vložky s obsahem nanovláken.
2. Navrhněte rozmístění jednotlivých ovládacích prvků.
3. Zpracujte výkresovou dokumentaci.

Rozsah grafických prací: vykresová dokumentace

Rozsah pracovní zprávy: 35 stran, formát A4

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled. Díl 2 / Vyd. 2.* Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-608-3.
- [2] BOHÁČEK, F. a kol: *Části a mechanismy strojů III. Převody.* Brno: Vysoké učení technické, 1982.
- [3] JULIŠ, K., BREPTA, R.: *Mechanika I. díl. Statika a kinematika.* Technický průvodce 65. SNTL Praha 1986.
- [4] BRÁT, V., ROSENBERG, J., JÁČ, V.: *Kinematika.* SNTL/ALFA Praha 1987.
- [5] ĎAĎO, Stanislav, KREIDL, Marcel: *Senzory a měřicí obvody.* Monografie ČVUT. Praha: ČVUT skriptum, 1996. ISBN 80-01-01500-9.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Martin Bílek, Ph.D.

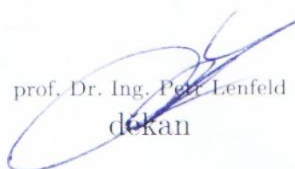
Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Konzultant bakalářské práce: Ing. Martin Konečný, Ph.D.


Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Datum zadání bakalářské práce: 10. října 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 4. července 2017

  
prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
dekan



  
prof. Ing. Jaroslav Beran, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. března 2017

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnuli licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Konstrukce tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru**

### **Anotace:**

Tato Bakalářská práce je věnována konstrukci tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru. Cílem práce bylo navrhnout a konstrukčně zpracovat funkční model strojního zařízení, určeného pro rylování polotovaru pro výrobu filtrační vložky s obsahem nanovláken, navrhnout rozmístění jednotlivých ovládacích prvků, zpracovat výkresovou dokumentaci.

Během práce bylo navrženo řešení funkčního zařízení pro výrobu polotovaru filtru. Taky byl přiložen podrobný popis konstrukčního řešení včetně technické dokumentace.

### **Klíčová slova:**

Konstrukce, filtr, AntiVirus SMNF57, nanovlákná, polypropylen, polyvinyliden fluorid, polotovar, servomotor.

## **The construction of forming device for the production of filter preform**

### **Annotation:**

This bachelor's thesis is focused on shaping device construction for production of filter blank. The main objective of this work is to design and construct a functional model of device for ribbing the filter blank with nanofibre inclusion, to layout control elements and to create drawing documentation.

The work contains a functional device layout and a detailed description of the construction, including documentation.

### **Keywords:**

Construction, filter, AntiVirus SMNF57, nanofiber, polypropylene, polyvinylidene fluoride, semi-finished product, servo-motor

**Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Bílkovi, doc. Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, cenné rady a připomínky, poskytnuté konzultace, které mi pomohly vypracovat tuto práci.

Dále bych chtěl poděkovat katedře textilních a jednoúčelových strojů a jejímu kolektivu za poskytnuté podmínky a rady potřebné pro zpracování diplomové práce.

## Obsah

<b>Seznam symbolů a zkratk</b>	8
<b>Úvod</b>	9
<b>1. Teoretická část</b>	10
1.1. Filtry a jejich klasifikace	10
1.2. Vzduchové filtry a jejich nedostatky	10
1.3. AntiVirus SMNF57	12
1.3.1. Polypropylen (PP)	12
1.3.2. Vlastnosti polypropylenu	12
1.3.3. PVDF - polyvinyliden fluorid	13
1.3.4. Vlastnosti polyvinyliden fluoride	13
1.4. Metody tvarování polotovaru filtru	14
1.4.1. Propouštění pásu přes speciální vidlici – patent RU2259277	14
1.4.2. Lisovací forma – patent RU 2212341	14
1.4.3. Způsob výroby skládaného filtračního materiálu – patent US 6290635	15
1.4.4. Způsob výroby formy filtru výfukových plynů – patent US2002162310	16
1.4.5. Nová konstrukce	16
<b>2. Praktická část</b>	18
2.1. Princip fungování	18
2.2. Základní popis konstrukce	19
2.2.1. Sklotextit	20
2.2.2. ES-M22430 Easy Servo Motor	20
2.2.3. Úhlová planetová převodovka Apex Dynamics řada ABR	20
2.3. Rám	21
2.4. Uchycení navijáku s pásem	23
2.5. Mechanismus pro podávání pásu	23
2.6. Tvarovací jednotka (hlavní uzlový bod) pro tvarování polotovaru filtru s mechanismem pro podávání pásu na napínač	25
2.7. Napínač pásu	26
2.8. Mechanismus navíjení pásu na cívku	27
<b>3. Závěr</b>	28
<b>Seznam použité literatury</b>	29
<b>Seznam obrázků a tabulek</b>	31
<b>Seznam příloh</b>	32



## Seznam symbolů a zkratk

KTS	Katedra textilních a jednoúčelových strojů
HEPA	High Efficiency Particulate Absorption
PP	Polypropylen
PVDF	Polyvinyliden fluorid
C	Uhlík
H	Vodík
F	Fluor
UL-94	Norma hořlavosti
PLC	Programmable Logic Controller (Programovatelný logický automat )
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
CNC	Computer Numeric Control – číslicové řízení
Hz	Hertz
Nm	Newton metr
AC	Střídavý proud
DC	Stejnoseměrný proud
RPM	Rounds Per Minute ( Otáčky za minutu )

## Úvod

Podle odborníků je stav současného plynného okolního prostředí nevhodný pro lidský život, což má i zřetelné dopady. Důvodem je hustá automobilová doprava, jejíž podíl na znečištění s každým dnem roste, ale také i různé odvětví průmyslu.

Do přicházejícího čistého vzduchu zvnějšku se přimíchávají škodlivé látky, které vznikají ze stavebních materiálů, nábytku, techniky a jsou produkovány přímo člověkem a jeho domácími zvířaty. To je pak samozřejmě každodenní zátěží pro naše plíce a mozek, který potřebuje čerstvý vzduch bez jakýchkoliv příměsí. Lidé si potom stěžují na špatný zdravotní stav, bolesti hlavy a nevolnost.

Při práci v podmínkách možného znečištění vzduchu je pro ochranu lidského zdraví nezbytné v první řadě používat technické a organizační opatření a prostředky kolektivní ochrany (ventilace, atd.). Pokud taková opatření nebudou dostatečná, je potřeba přistoupit k prostředkům individuální ochrany: respirátory a průmyslové plynové masky. V případě, že je ve vzduchu dostatečné množství kyslíku a škodlivé látky mohou být zachyceny, velmi často se používají filtrační média individuální ochrany, které zajišťují vhodný vzduch pro dýchání.

Při správném výběru prostředku individuální ochrany dýchacích orgánů je jeho efektivita při praktickém použití silně závislá na tom, nakolik správně byla zvolena přední část ve vztahu k obličejí konkrétního pracovníka (při nesrovnalostech ve formě a rozměru masky vůči obličejí dochází ke vzniku mezer, přes které může proudit znečištěný vzduch a poškodit tak dýchací orgány).

Při certifikaci filtrů a filtračních masek jsou tyto prověřovány v laboratorních podmínkách. Měří se jejich odpor vůči dýchání a průnik aerosolu kontrolní látky (s definovanými parametry) při určitém rozprostírání vzduchu. Jako kontrolní látky jsou často používány aerosoly, skládající se z částic chloridu sodného (pevné částice); parafrinového oleje dioktylfthalátu (kapalné částice). Jelikož průnik částic přes filtr je závislý na jejich velikosti, používají se při testech takové částice, jejichž rozměr se blíží rozměru těch nejproniknutelnějších. Z toho vyplývá, že pokud použijeme filtr, který vyhověl testům, v průmyslových podmínkách se vzduchem, znečištěným částicemi jiných velikostí, stupeň čištění bude vyšší. Při znečištění filtru zachyceným prachem se jeho vlastnosti mění, proto při certifikaci jsou filtry testovány na zanášení prachem poté, co podstoupily zanášení během jedné směny (např. 200 mg / 1 komplet filtrů). [1]

## 1. Teoretická část

### 1.1. Filtry a jejich klasifikace

Filtr je porézní médium, tedy zařízení nebo konstrukce, určená k čištění kapalin a plynů separací pevných částic a příměsí. Dělíme je na:

- Filtry, sloužící k odstranění škodlivin, nežádoucích částic a mikroorganismů z kapalin, metodou chemického, mechanického a biologického zásahu či separace
- Filtry, určené k čištění plynů, dodávaných do systémů ventilací a klimatizací nebo užívaných v technologických procesech, plynových turbínách či ve spalovacích motorech
- Optické filtry, sloužící k potlačení vyzařování určité vlnové délky z optického spektra
- Filtry v elektronice, určené k vymezení žádoucích složek spektra analogového signálu a potlačení nežádoucího. [1]

### 1.2. Vzduchové filtry a jejich nedostatky

Nejjednodušší filtry, používané k čištění vzduchu se skládají z obyčejné jemné síťky, která plní funkci předčištění. Takovými filtry jsou vybaveny v podstatě veškerá klimatická zařízení, kde chrání před prachem nejen lidi, ale i vnitřní součástky přístroje. Filtry tohoto typu se velmi rychle zanášejí, což bez určité údržby může mít za následek nefunkčnost celého zařízení.

Uhlíkové filtry umožňují přímou absorpci molekul plynu svými póry. Filtry z aktivovaného uhlí odstraňují nejlépe poletující organické sloučeniny s velkou molekulovou hmotností. Tyto filtry však nejsou dostatečně efektivní v prostředí s vysokou vlhkostí. Také jsou uhlíkové filtry málo účinné při odstraňování plynů s velmi nízkou molekulovou hmotností, např. formaldehyd nebo oxidy dusíku.

V olejových filtrech je filtrující vrstva tvořena kovovými nebo plastovými sítěmi, formovanými plechy nebo kruhy, smáčenými minerálním olejem. Filtry tohoto typu nejsou efektivní při teplotách pod nulou, kdy se mění vlastnosti oleje.

Filtrující houbovitá vrstva je tvořena většinou pěnovým polyuretanem nebo určitou pryží. Ke zvýšení filtrační schopnosti podléhají tyto materiály zpracování, při kterém dochází k otevření pórů. Je přitom potřeba stálá údržba, hydro a pneumatická regenerace.

Nejefektivnějším filtrem pro jemné čištění vzduchu je HEPA filtr (High Efficiency Particulate Absorption). Čím větší je objem filtračního média v čističi vzduchu, tím větší množství částic je filtr schopen zachytit. Takový filtr se používá v elektronickém průmyslu, zdravotnictví, chemickém, biologickém a potravinářském průmyslu. Jedním z omezujících faktorů takových filtrů je neustálé vyražení již zachycených menších částic částicemi většími než 1  $\mu\text{m}$ , což vede ke znatelnému procentuálnímu snížení účinnosti filtrace. Navíc větší částice jej rychle ucpávají. [1]

Dále se vyrábějí antibakteriální filtry na základě netkaného textilu (nanovlákná). Jedním z premiantů třídy je filtr ANTIVIRUS SMNF57, který poskytuje velmi vysokou účinnost při zachycení bakterií, virů a velmi jemného prachu při zachování vysokého komfortu a efektivity pro danou aplikaci. Velmi dobrou vlastností je prodyšnost a propustnost pro vodní páru. Tyto materiály zabraňují proniknutí mikroorganismů a prachu. Tento filtr z nanovláken je tak hustý, že jím neprojdou bakterie a ani částice prachu. [2]

### 1.3. AntiVirus SMNF57

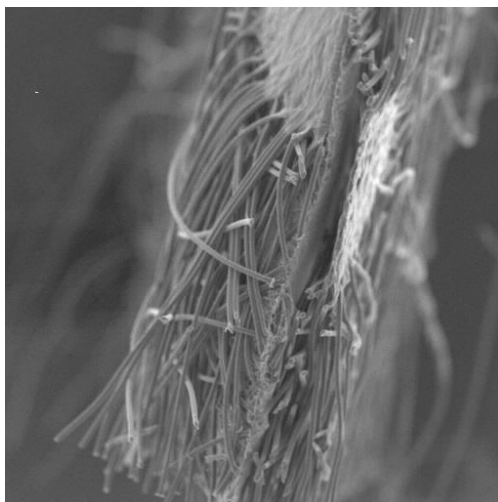
AntiMicrobe - bariéra proti průniku mikroorganismů

Složení textilie AntiVirus SMNF 57 - čtyřvrstvý laminát (SB/MB/NV/SB)

Vnější vrstva: PP spunbond/meltblown 37 g/m<sup>2</sup> (SB/MB), (*popis technologie – příloha 1*)

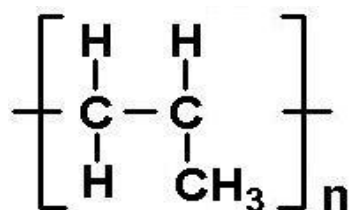
Vnitřní vrstva: submikronová vlákna polymeru PVDF (polyvinyliden fluorid) (NV)

Vnější vrstva: PP spunbond (*technologie spunbond – příloha 2*) 20 g/m<sup>2</sup>(SB). [2]



Obrázek 1 – Struktura čtyřvrstvého laminátu SB/MB/NV/SB

### 1.3.1. Polypropylen (PP)



Obrázek 2 - Chemický vzorec PP

Polypropylen (PP) je jeden z nejdůležitějších termoplastických materiálů. Polypropylen je používán v extrémně široké škále aplikací, ať už průhledný nebo zabarvený pigmenty, jako jsou obaly na potraviny, tkaniny, automobilové součásti, lékařské přístroje a spotřební zboží. Vlastnosti polypropyleny jsou určeny použitou polymerací a použitými katalyzátory. Jak je vidět na *obr. č. 1*, základní jednotka PP se skládá ze tří uhlíků a šesti vodíkových atomů. [3]

### 1.3.2. Vlastnosti polypropyleny

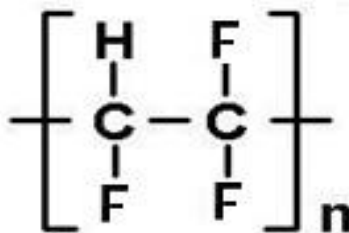
Tento materiál vyniká vysokou rázovou houževnatostí, je lehký, avšak stabilní. Má vynikající odolnost proti chemikáliím a především kyselinám. Výborná svařitelnost, ohybatelnost a obrábění.

Polypropylen je často používán pro výrobu lan a provazů kvůli své nízké hustotě hmotnosti - lana jsou pak dostatečně lehká, takže mohou plavat na hladině.

Polypropylen se také užívá jako alternativa k polyvinylchloridu (PVC) pro izolaci elektrických kabelů v málo větraných prostředích, především v tunelech. Polypropylen totiž při hoření neprodukuje tolik kouře a žádné toxické halogenuhlivodíky, které by mohly za vysokých teplot přispět ke vzniku různých kyselin. [3]

Polypropylen lze používat při teplotě cca +5 až 100°C. Křehne při nízkých teplotách, kolem 110-140°C měkne, kolem 150-160°C se taví. Je odolný vůči olejům, organickým rozpouštědlům a alkoholům, dobře se rozpouští v xylenech či tetrahydronaftalenu. Polypropylen vyniká velmi dobrou chemickou a mechanickou odolností.[3],[4]

### 1.3.3. PVDF - polyvinyliden fluorid



Obrázek 3 – Chemický vzorec PVDF

Polyvinyliden fluorid (PVDF) je vysoce krystalický nevyztužený fluoropolymer, spojující dobré mechanické, termické a elektrické vlastnosti s vynikající chemickou odolností. Pro své vlastnosti je PVDF mnohoúčelovým technickým materiálem, vhodným zejména pro výrobu komponentů pro petrochemický, chemický farmaceutický, potravinářský, papírenský, textilní a jaderný průmysl. [5]

### 1.3.4 Vlastnosti polyvinyliden fluoridu

Nejdůležitější vlastnosti jsou:

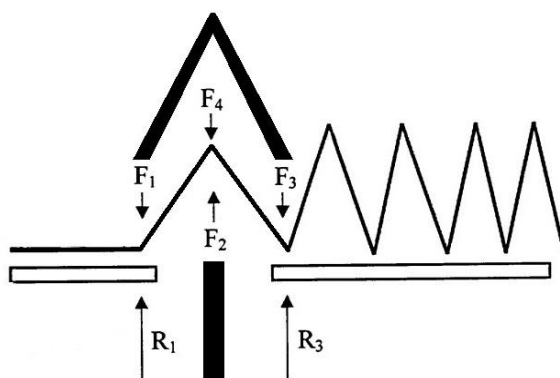
- dobrá mechanická pevnost, tuhost a odolnost proti tečení (lepší než u ostatních fluoropolymerů)
- vysoká tuhost i při nízkých teplotách
- vynikající chemická a hydrolytická odolnost
- vysoká max. přípustná provozní teplota (150°C)
- vynikající odolnost proti vlivům počasí a UV záření
- dobré kluzné vlastnosti a odolnost proti opotřebení
- dobré elektroizolační vlastnosti
- fyziologicky inertní
- velmi dobrá rozměrová stálost
- inherentní nízká hořlavost
- velmi dobrá odolnost proti pronikavé radiaci (mnohem lepší než u jiných fluoropolymerů). [5]

#### 1.4. Metody tvarování polotovaru filtru

Vycházejíc ze zadání této práce je nutné navrhnout novou konstrukci, pomocí které bude možné vytvářet požadovaný tvar filtru. Polotovar filtru AntiVirus SMNF57 je tvořen vícevrstevným pásem polymeru o šíři 30 mm. Pro vznik potřebné geometrie existuje několik způsobů. V podstatě všechny způsoby jsou spojeny se současným působením teploty a tlaku.

##### 1.4.1. Propouštění pásu přes speciální vidlici – patent RU 2259277

Uvedený patent je podaný společností Gorodinsky & Partners. Jedná se o způsob a zařízení pro výrobu skládaného filtru z nekonečného pásu filtračního materiálu.



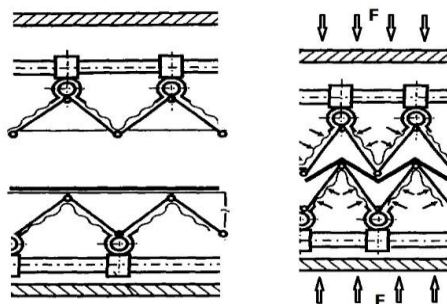
Obrázek 4 - Propouštění pásu přes speciální vidlici

Na obrázku 4 vidíme, že pás prochází přes speciální vidlici, do které je vkládána destička. Polotovar filtru je destičkou zalisován mezi zuby vidlice. Zuby vidlice mohou být rovné nebo pod určitým úhlem. Tato metoda je velmi jednoduchá a efektivní, ale má své nedostatky při práci s nanomateriály. Nevýhodou takové konstrukce je fakt, že konce vidlice vytváří velké napětí nanovláken v ohybu pásky, což vede k možnému roztržení látky a narušení ochranné vrstvy filtru. Tato metoda je vhodná pro práci s mnohem pevnějšími materiály, které se používají ve filtrech „hrubého“ čištění. [6]

##### 1.4.2. Lisovací forma – patent RU 2212341

Na obrázku 5 je zobrazen způsob a zařízení pro výrobu filtrů patentován společností Hermes. Zařízení horkého lisování papírových a textilních výrobků, obsahující lis izometrického ražení s razícím blokem, který má dvě raznice a teplo vyrovnávající podhlavníkové desky.

Konstrukce je tvořena lisovací formou, přes kterou je puštěný pás. Každá polovina lisu má speciální zuby, kopírující geometrii budoucího filtru. Do formy je zavedený pás a následně jsou poloviny lisu stlačeny k sobě. Vlivem teploty obdrží polotovar potřebný tvar.

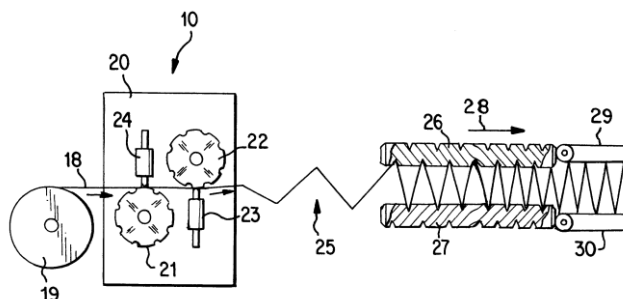


Obrázek 5 - Lisovací forma

Nedostatkem daného zařízení je náročnost jeho konstrukce, vysoká náročnost na přípravu formujících elementů. Konstrukce tohoto typu se hodí více pro papírové výrobky.[7]

#### 1.4.3. Způsob výroby skládaného filtračního materiálu – patent US 6290635

Konkrétní stroj pro vytváření skladů filtračních materiálů byl vyvinut společností Mann & Hummel.



Obrázek 6 - Schéma plisovacího zařízení filtračního materiálu

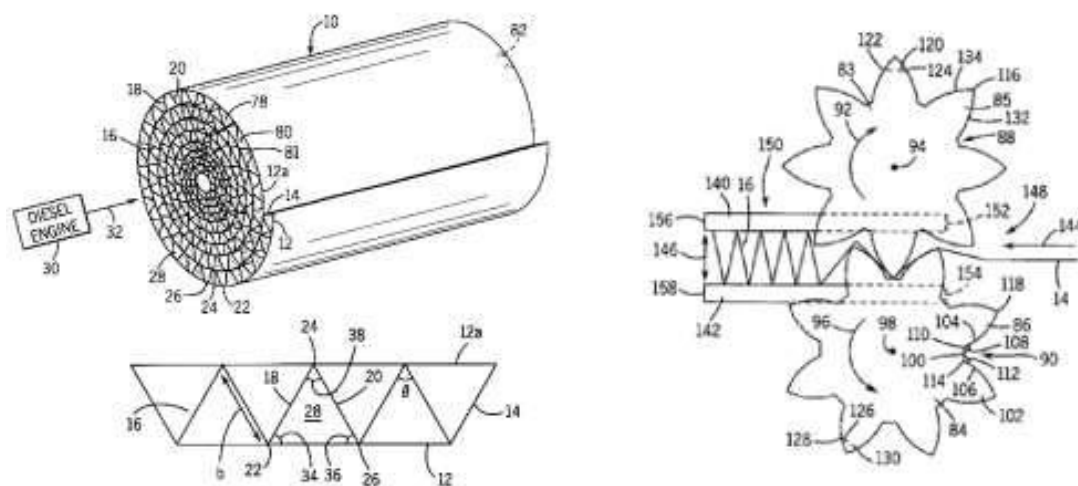
Obrázek 6 nám poskytuje pohled na zařízení a způsob, jakým se vyrábí „cik-cak“ skládaný filtrační element z filtračního materiálu (10), který je odvíjen z návinu (19). Ten je do systému dodáván přes podávací ústrojí na lisovací jednotku. Aby došlo k přesnému nadefinování vymezených ohybových linií je lisovací jednotka opatřena kovadlinovými válci (21,22). Tvarovací a fixační ústrojí, které jsou určeny pro výrobu filtračního polotovaru pomocí lisovacího zařízení (23,24). Jednotka, určená pro lisování je opatřena aktivním ultrazvukem, čímž se zlepši operace lisování. Zmíněné lisovací jednotky jsou umístěny na přesně definovaných místech tak, aby záhyb mohl být přesně umístěn v oblasti (25). Na místě



jsou k dispozici i dvě šroubovice (26,27), které umožňují definovat mezery záhybů. Šroubovicemi právě prochází filtrační materiál, přičemž mají klesající stoupání ve směru zmenšování vzdálenosti mezi záhyby ve směru šipky (28). Na pravém konci šneků je pás přenášen na dva dopravní pásy. Ty ve výsledku nesou pás (29 a 30) filtračního materiálu pro další zpracování.[8]

#### 1.4.4. Způsob výroby formy filtru výfukových plynů – patent US2002162310

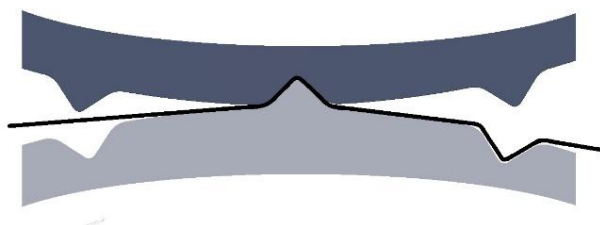
Nevytvrzená forma (10) pro filtr, pro dodatečné zpracování výfukových plynů obsahuje první a druhou fólii (12 a 14) regenerovatelného (obnovitelného) filtračního materiálu, přičemž druhá fólie je plisována a tvoří s první vrstvou velký počet axiálně procházejících průtokových kanálů (32, 80, 81), které mají boční průřezové tvary s dvěma sousedními úhly (34, 36, 56 a 58), které jsou každý větší než  $45^\circ$  a menší než  $75^\circ$  a mají stěnové segmenty (18, 20, 68 a 70) Menší než 0,8 mm, pórovitost větší než 80% a výšku roztažení (b) mezi špičkami záhybu menšími než 10 mm. Tvarovací zařízení (83, 84) a způsoby jsou zde zobrazeny. [9]



Obrázek 7 - Schematické znázornění způsobu výroby filtru

#### 1.4.5. Nová konstrukce

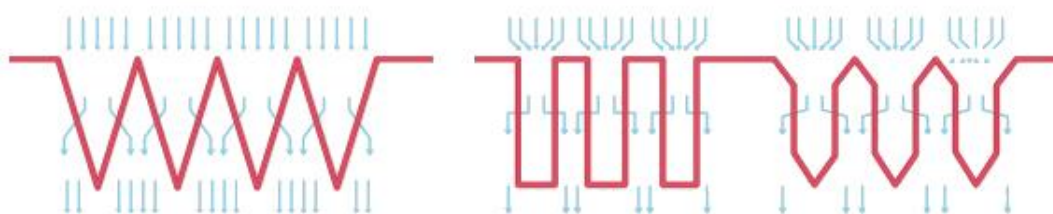
Nová konstrukce, navržená v této práci počítá se všemi výhodami a nevýhodami předchozích možností tvarování polotovaru filtru. Základem bylo vycházet z lisu ve formě dvou válců se speciálními zuby, které poté udávají požadovanou formu budoucího filtru.



*Obrázek 8 - Matriční válce se speciálními zuby*

Taková konstrukce umožňuje nepřetržitě formovat nekonečně dlouhý pás v nejkratším možném čase. Polotovar, procházející přes válce, obdrží vlivem teploty a tlaku potřebnou geometrii. Válce se mezi sebou nedotýkají a nestlačují pás, což zabraňuje poškození ochranné a základní vrstvy pásu. Polotovar je zahnut pomocí zubu a pod vlivem teploty dostává výslednou podobu.

Předností takové konstrukce je široká škála forem použitelných zubů. Stačí jen vyměnit válce se zuby potřebného tvaru a spustit proces.

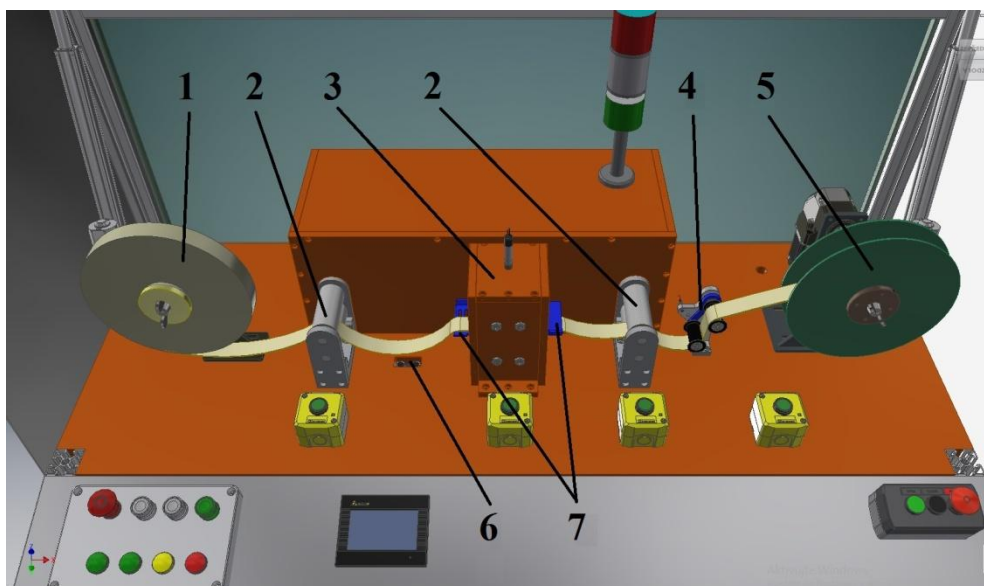


*Obrázek 9 - Tvary zubů*

Proces probíhá při teplotě 120-130°C , která je neustále udržována pomocí teplotního čidla a speciálních topných patron umístěných uvnitř obou válců.

## 2. Praktická část

### 2.1. Princip fungování



Obrázek 10 - Posun polotovaru: 1-uchycení navijáku s pásem, 2- mechanismus pro podávání pásu, 3- tvarovací jednotka, 4- napínač pásu, 5-Mechanismus navíjení pásu na cívku s naváděcími bočnicemi, 6- ultrazvukový dálkoměr HC-SR04, 7 – směrovací desky

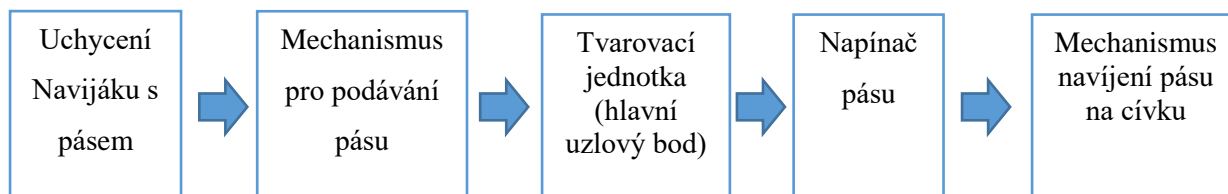


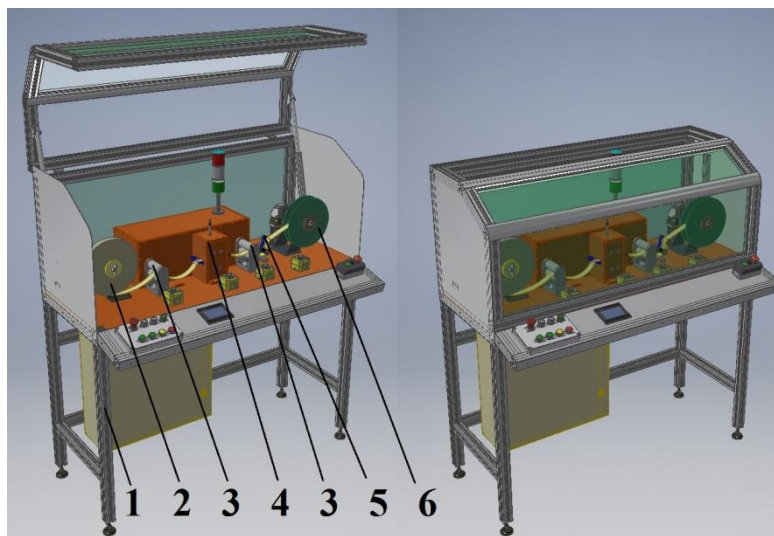
Schéma 1- Odvíjení polotovaru

Polotovaru (obrázek 10) ve formě návinnu cívky pásu (1) je vložen do sedla a upevněn na hřídeli pomocí křídlové matice. Volné otáčení cívky je zprostředkováno kuličkovými ložisky. Dále pás prochází mezi dvěma pogumovanými válci (2), které současně odvíjejí pás z cívky a regulují napnutí pásu před hlavním uzlem. Regulace napnutí pásu se provádí pomocí ultrazvukového čidla (6), které odečítá informaci v určitém rozmezí. Čidlo posílá signál do PLC, které reguluje rychlost otáček motoru. Dále se pás dostává do hlavního tvarovacího uzlu (3), kde prochází mezi dvěma speciálními válci se zuby. Abychom vytvořili správnou geometrii polotovaru, probíhá proces při teplotě 120-130°C. Teplota je udržována pomocí sad topných patron, které jsou zavedeny přímo dovnitř ozubených válců. Na výstupu bude mít pás

tvar daný matričnými válci. Směr napnutí pásu je řízen speciálními deskami (7), které zabraňují namotávání pásu na ozubené válečky. Následně hotový pás prochází mezi dalšími dvěma pogumovanými válci (2), které slouží k vedení již vytvarovaného pásu k napínači.

Navíjení pásu je realizováno pomocí servomotoru, který otáčí navíjecí výstupní cívku (5). Regulace tahové síly v pásu je dána dvěma indukčními čidly. Napínač pásu (4) nemá pružinu a je navržen tak, že k napnutí pásu bude docházet působením gravitace. Váha napínače by představovala 500 g, což nám umožňuje napnutí pásu působením 5 N.

## 2.2. Základní popis konstrukce



*Obrázek 11 - Konstrukce tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru s uzavřeným a otevřeným víkem*

Konstrukce tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru se skládá ze šesti hlavních součástí (uzlových bodů):

1. Rám
2. Uchycení navijáku s pásem
3. Mechanismus pro podávání pásu
4. Tvarovací jednotka (hlavní uzlový bod)
5. Napínač pásu
6. Mechanismus navíjení pásu na cívku

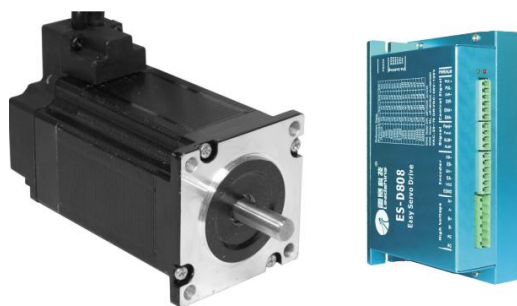
Všechny hlavní uzly jsou umístěny na základní platformu, která je přichycená k rámu. Rám je zhotoven ze speciálních odlehčených hliníkových profilů firmy Bosch Rexroth. Základní platforma je vyrobena ze speciálního materiálu – sklotextit.

### 2.2.1. Sklotextit

Sklotextit je vrstvený materiál ve tvaru desek, vyrobený z upravené skelné tkaniny jako výztuže a epoxidové živice jako pojiva. Mimo dobrých mechanických, elektroizolačních a fyzikálních vlastností má vysokou klimatickou odolnost a minimální nasákavost. Vysoká dielektrická pevnost, nízký ztrátový činitel a vysoká tepelná odolnost předurčují daný materiál k použití na zařízeních s plným elektrickým výkonem. Vyrábí se rovněž s označením SI – pro použití do teploty 180°C (teplotní třída H). [10]

### 2.2.2. ES-M22430 Easy Servo Motor

Pro hladký průběh chodu všech jednotek jsou použity servomotory. [11]



Obrázek 12 - ES-M22430 easy servo motor a ES-D808 - easy servo driver 80V, 8A

Servomotory mají zpětný signál, což umožňuje snadnou regulaci a rychlé nastavení rychlosti rotace ve všech uzlech. Regulace pohonu všech mechanismů se provádí pomocí PLC, který je umístěn v rozvaděči ve spodní části rámu.

Servomotor 3Nm se zpětnou vazbou enkodérem.

- příruba NEMA24, rozměry 60×60mm
- hřídel 8×16mm
- doporučený driver: ES-D808 [12]

(Vlastnosti a ovládání servomotoru ES-M22430 - příloha 3).

### 2.2.3. Úhlová planetová převodovka Apex Dynamics řada ABR

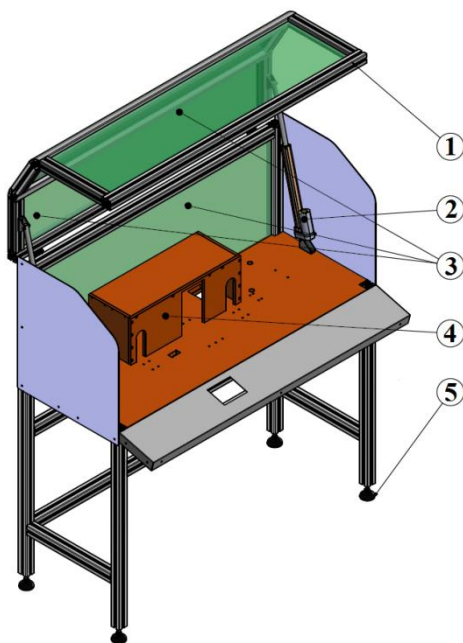
Pro snížení otáček, se kterými se pracuje během procesu tvarování, se používají speciálně vybrané úhlové, planetové převodovky od firmy Apex Dynamics ABR, které mají stejnou přírubu, jako servomotor. Převodový poměr je 20.



Obrázek 13 - Úhlová planetová převodovka Apex Dynamics

Řada planetových převodovek Apex ABR je úhlová varianta, která je tvořena kombinací spirálové převodovky a planetové převodovky. Toto spojení představuje velmi krátké a kompaktní řešení. Pevné šasi zaručuje vysokou tuhost celé převodovky (*podrobný popis - příloha 4*). [13]

### 2.3. Rám

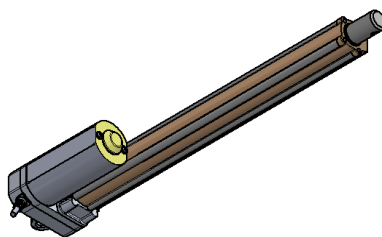


Obrázek 14 – Rám

Rám se skládá z odlehčených hliníkových profilů od firmy Bosch Rexroth [14] a představuje konstrukci s vyklápěcím víkem, které zajišťuje volný přístup k hlavním uzlům pro nasazení a odejmutí polotovaru. V dolní části rámu se nachází rozvaděč. Přepážka (4) mezi motorovým prostorem a hlavními jednotkami je vyrobena ze sklotextitu. Horní část

konstrukce uzavřena speciálním víkem (1), který je zkonstruován také pomocí hliníkových profilů. Toto víko je určeno k volnému přístupu ke všem jednotkám. Pro bezpečnost je vrchní část konstrukce, kde jsou umístěny hlavní jednotky, opatřena ochranným bezpečnostním tvrzeným sklem (3), které tam je z důvodu, aby při případném poškození horního krytu nevznikaly ostré hrany, které by mohly vést k poranění. Ve spodní části se nachází stavitelné nohy (5), které jsou upevněné k podlaze pro větší stabilitu.

Otevření víka zajišťují speciální elektrické vysouvací lineární mechanismy (2), (aktuátory), které jsou regulovány stisknutím tlačítka (*popis aktuátoru LACT10 - příloha 5*). Tyto aktuátory pracují synchronizovaně a mají definovanou počáteční a koncovou polohu, jejíž pozici lze nastavit automaticky nebo ručně (*výpočet pozice aktuátoru - příloha 6*). Pro zvýšení bezpečnosti se používají aktuátory o malé síle 50 N, přičemž při vzniku odporu (přetížení motoru) dochází k přenosu informace do řídicí jednotky, která zastaví všechny procesy.



*Obrázek 15 - Lineární mechanismus (aktuátor LACT10)*

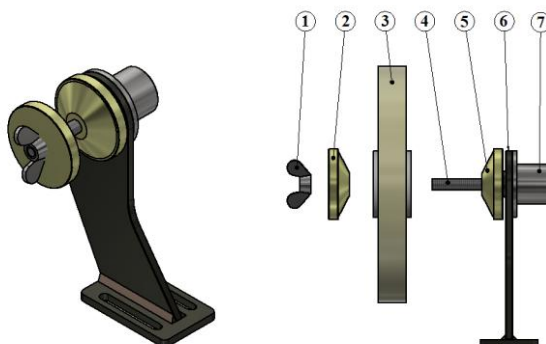
Po odstranění problému chodu a restartování aktuátorů, vracejí se tyto do výchozí polohy v závislosti od obdrženého příkazu PLC (otevřeno nebo zavřeno). [15]

Při otevření víka přechází řídicí systém jednotlivých uzlů do ručního režimu, přičemž se celý ovládá pomocí tlačítek.

V přední části konstrukce je umístěn hlavní ovládací panel. Na tamtéž místě se nachází display, který zobrazuje aktuální stav stroje a dále také umožňuje korekci teploty v hlavním uzlu a možnost nastavení chodu servomotorů.



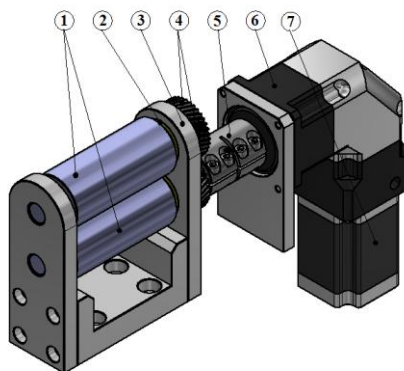
## 2.4. Uchycení navijáku s pásem



Obrázek 16 - Uchycení navijáku s pásem

Konstrukce zařízení pro uchycení cívky s pásem (*obrázek 16*) je relativně jednoduchá. Jednotka se skládá ze základního stojanu (6), který je upevněn k platformě pomocí šroubů. Ke stojanu je upevněna hlavní hřídel (4) pomocí příruby (7) s ložisky. Na hřídel je nasazen vodící disk (5), následně se nasadí cívka s páskou (3). Z druhé strany cívky je nasazen druhý vodící disk (2), který je pak utažen křídlovou maticí (1). Díky tomu je osa cívky shodná s osou hřídele, což zajišťuje rovnoměrné otáčení. Valivá ložiska umožňují hřídeli snadnou rotaci bez velké námahy. Tato konstrukce nabízí rychlou a snadnou instalaci cívky do zařízení pro výrobu polotovaru filtru.

## 2.5. Mechanismus pro podávání pásu



Obrázek 17 - Mechanismus pro podávání pásy

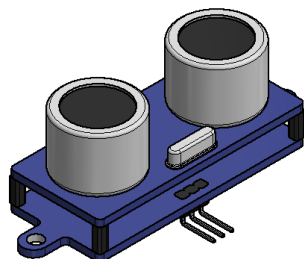
Zařízení pro podávání pásu (*obrázek 17*) je jednou z hlavních pracovních jednotek. Dvě výchozí pogumované hliníkové hřídele (1) posouvají pás, přičemž dochází k roztočení



cívky. Na pracovní povrch obou hřídelí je nanесena dvoumilimetrová vrstva teplotně odolné pryže, která zvyšuje přilnavost pásky k hřídelím. Ložiska (2) na obou stranách každé hřídele zajišťují volný rotační pohyb. Ložiska jsou přitom vloženy do hliníkového stojanu (3), který je připevněn pomocí šroubů k platformě, která je společná pro všechny základní jednotky.

Spodní hřídel je spojena s planetovou převodovkou (6) pomocí speciální spojky (5). Tato spojka může přenášet několikanásobně vyšší točivý moment, než je točivý moment motoru. Planetová převodovka (6) je pevně spojena se servomotorem (7). Tato současně roztáčí horní hřídel pomocí ozubených kol se šikmými zuby (4), což zajišťuje synchronní a rovnoměrné otáčení obou hřídelí. Ozubená kola, přenášejí stejný točivý moment mezi hřídelemi válců. Spojeny jsou s hřídelemi pomocí per a jsou udržovány na svých pozicích pomocí pojistných kroužků.

S touto jednotkou souvisí i ultrazvukové čidlo (*obrázek 18*), které reguluje natažení pásu mezi mechanismem podávání pásu a jednotkou tvarování polotovaru filtru. Čidlo odečítá míru natažení pásu a předává signál PLC, které zpětnou vazbou přes přednastavené parametry vrací signál motoru, který mění otáčky dle aktuálního požadavku ultrazvukového čidla. [16]

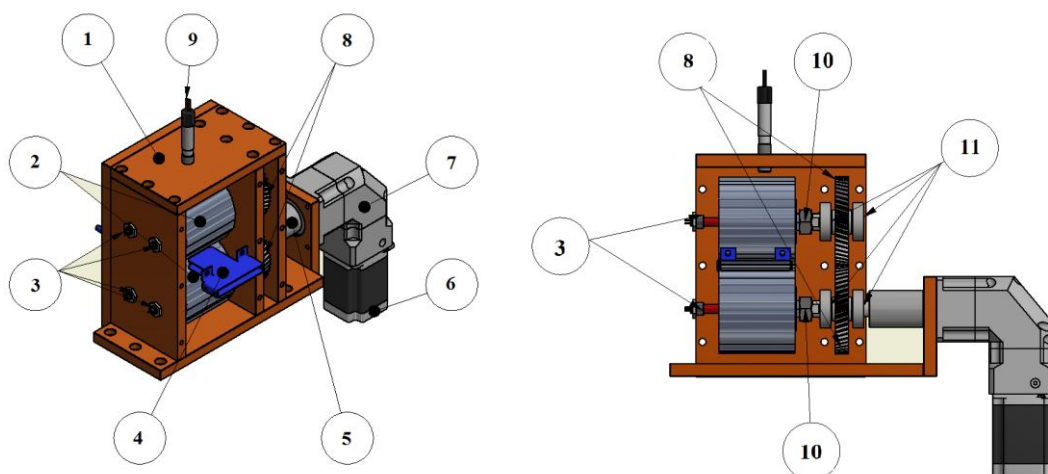


*Obrázek 18 - Ultrazvukový dálkoměr HC-SR04*

Vlastnosti ultrazvukového dálkoměru HC-SR04

- Jednoduchost použití a 4 - kontaktní zapojení
- Rozsah měření: od 10mm až 4000mm
- Přesnost měření  $\pm 3\text{mm}$  (při maximální vzdálenosti  $\pm 30\text{mm}$ )
- Úhel měření:  $15^\circ$
- Ultrazvukový rozsah práce při frekvenci 40 kHz
- Pracovní napětí: od 4,8 až 5,5 V
- Rozsah pracovních teplot:  $0^\circ\text{C}$  až  $60^\circ\text{C}$  ( $\pm 10\%$ )

## 2.6. Tvarovací jednotka

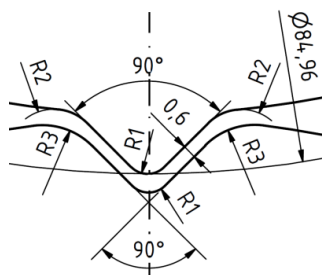


Obrázek 19 - Tvarovací jednotka pro tvarování polotovaru filtru

Hlavní uzel (obrázek 19) je tvořen uzavřeným prostorem (1), ve kterém probíhá proces tvarování polotovaru filtru. Stěny jsou vyrobeny ze sklotextitu a jsou spojeny pomocí šroubů, což umožňuje snadnou montáž a demontáž.

V hlavní části jednotky jsou umístěny válce se speciálními zuby (2), které jsou spojeny s ozubenými koly (8) pomocí závitového spoje, což umožňuje provést přesné nastavení polohy válců. Pojistná matice (10) na závitovém spoji zabráňuje vykroucení válce.

Během procesu tvarování prochází pás (který bude tvořit budoucí filtr), skrz válce se speciálními zuby, čímž mu je dodána požadovaná geometrie. Zuby na válcích pracují bez záběru, čímž zamezíme poškození pásu. Čelní úhel tvářecích zubů a drážek je  $45^\circ$ . Tyto do sebe bezkontaktně při otáčení zapadají, tak aby mezi nimi mohl pás procházet bez poškození. Tyto zuby slouží pouze k tváření polotovaru, kdy vlivem teploty zůstane požadovaný tvar. Velikost tvaru zubu a protidrážky určuje výsledný tvar požadovaného filtru. Tvar zubů byl zvolen pro svoji jednoduchou výrobu (CNC obrábění, protahování apod.) a konstrukci.

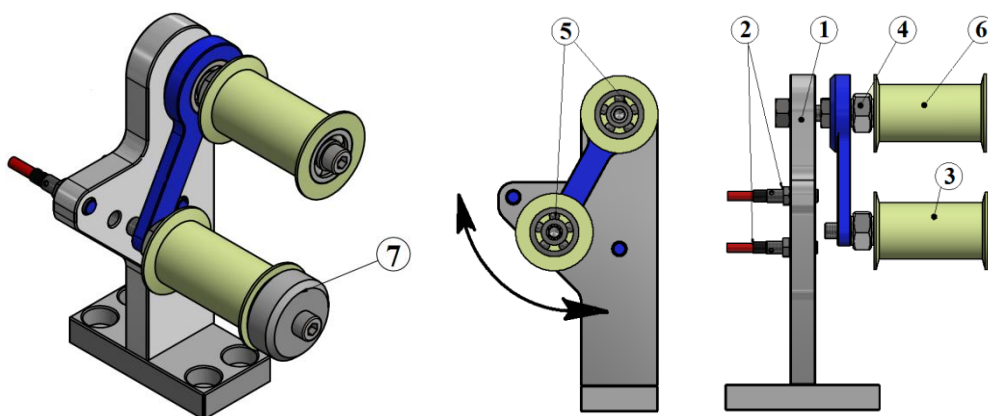


Obrázek 20 – Geometrie zubu a drážky

Tváření polotovaru probíhá při teplotě 120-130°C a je to z důvodu zachování požadované geometrie pásu během procesu průchodu skrz válce. Konstrukce je tedy vytvořena tak, že dovnitř každého válce jsou umístěny dvě topné patrony (3) se závitovou přírubou [17] (*popis topné patrony – příloha 7*), (*výpočet množství tepla  $Q$  – příloha 9*). Provedení s přírubou je na straně vývodů opatřeno závitovou částí pro usnadnění montáže a demontáže. Topné patrony jsou zašroubovány do přední stěny tvarovací jednotky. Udržení teploty válců je zprostředkováno pomocí bezkontaktního IR snímače (9) teploty CS se zabudovanou elektronikou [18] (*popis bezkontaktního IR snímače – příloha 8*), které je rovněž zavedeno dovnitř prostoru. Je umístěno v blízkosti válců, aby docházelo k co možná nejpresnějšímu odečítání teploty. V bočních stěnách jsou připraveny otvory, sloužící k průchodu pásy prostorem. Skrz každý otvor jsou uvnitř zavedeny vodící desky (4), které usměrňují chod pásu a zabráňují jeho případnému namotání na válec.

S touto konstrukcí také souvisí mechanismus podávání pásu na napínač. Tento mechanismus je zkonstruován naprosto stejně jako podavač pásu, nacházející se před hlavním uzlem (jednotkou). Díky těmto naváděcím mechanismům a sotsifikovanému synchronnímu řízení všech servomotorů se zpětnou vazbu nebude docházet k prokluzu pásu přes tvářecí válce a pás se bude odvíjet, tvarovat a navíjet konstantní rychlostí.

## 2.7. Napínač pásu

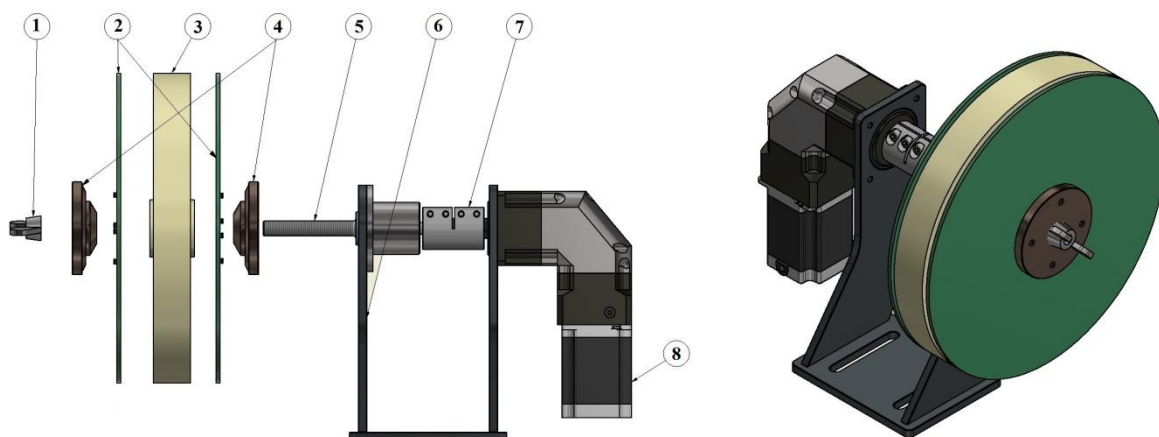


Obrázek 21 - Napínač pásu

Zařízení, sloužící k napínání pásu (*obrázek 20*), je tvořeno dvěma válci s ložisky (5), přes které prochází pás. První válec (6) je upevněn na pevný trn. Druhý válec (3) je pohyblivý a má funkci kontaktního napínače pásu. Konstrukce druhého válce je navržena pro maximální volnost a pohyblivost. Na pohyblivém rameni (4) je usazen trn s druhým válcem (3), kdy na

druhém konci ramene je zalisováno ložisko a to je nasazené a zajištěné na pevném trnu napínacího mechanismu. Pro rovnoměrné napnutí pásu na cívku je nezbytná síla 5N. Abychom dosáhli takové síly byl využit princip na základě gravitace. Konstrukce napínacích válců je vytvořena tak, aby měla hmotnost 500g, což při tlaku na pás poskytne působení 5N. Samotné válce jsou vyrobeny z alukamidu, zatímco trn a páka jsou vyrobeny z oceli a jejich celková hmotnost včetně ložiska je 500g. Na pohyblivý válec lze přidávat závaží (7) a tím docílit různých napínacích sil dle velikosti použitého polotovaru. Pro rovnoměrné napnutí pásu a regulaci polohy pohybujícího se válce jsou použity indukční čidla (2), která vysílají signál do PLC, které na základě těchto informací upravuje otáčky servomotoru s cívkou, na kterou se namotává pás. Tímto zamezíme přetržení pásu. Celá konstrukce napínače je upevněna k základní platformě. Pomocí upevňovacích-stavitelných šroubů lze regulovat polohu celého napínače.

## 2.8. Mechanismus navíjení pásu



Obrázek 22 - Mechanismus navíjení pásu

Mechanismus navíjení pásu (Obrázek 21) na cívku (3) s naváděcími bočnicemi (2), které zabraňují shrnutí a špatnému navíjení pásu v axiálním směru, má podobnou konstrukci jako mechanismus upevnění cívky s polotovarem. Základní hřídel (5) je poháněná servomotorem (8), se kterým je spojena pomocí spojky (7). Celý mechanismus je upevněn na konzoli (6), která je upevněna k základní platformě. Rychlost otáček servomotoru reguluje PLC pomocí indukčních čidel na napínači.

### 3. Závěr

V úvodu předložené práce je přiblížení všeobecné teorie využitelnosti filtrů a jejich stručný přehled včetně psaného náhledu k technologii výroby a jejich využití v praxi. Je zde i všeobecný popis některých v současnosti využívaných filtračních materiálů. Na základě výzkumu a studia dosažitelných informací byla v práci zpracována rešerše k některým vybraným patentovaným technologiím vyráběných filtrů, včetně technologie na jejich výrobu.

Na základě studia v úvodu práce vybraných technologií jsem došel k závěru a návrhu nové technologie na výrobu unikátních nanovláknových filtrů pro široké využití nejen v průmyslu a zdravotnictví.

V této práci je zpracována tato úloha, včetně stručného popisu výrobní technologie a vyprojektovaného zařízení. Zařízení je navrženo tak, aby dokázalo zpracovat nanovláknový pás a zpracovat jej do neměnného skládaného polotovaru pro následné využití dle specifických potřeb odběratele. Tato technologická úprava nanovláknového pásu je z důvodu efektivity výroby sloučena do jediného pracovního cyklu od odvíjení, tvarování, fixace až po finální návin chtěného polotovaru.

V této úloze je návrh technologie a konstrukční zpracování zařízení funkčního modelu. Toto je nedílnou součástí této práce.

## Seznam použité literatury

- [1] <http://biofile.ru/bio/22305.html>  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/HEPA>
- [2] <http://www.nanologix.eu/produkty-antivirus>
- [3] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Polypropylen>
- [4] <http://vmplast.cz/sortiment/polypropylen/>
- [5] <http://www.vmplast.cz/sortiment/termoplasty/pvdf-polyvinyliden-fluorid-tecaflon-susta/>
- [6] <http://bd.patent.su/2259000-2259999/pat/servlet/servlet4bb1.html>
- [7] <https://patents.google.com/patent/RU2212341C2/ru>
- [8] <https://www.google.com/patents/US6290635>
- [9] <https://www.google.com/patents/US20020162310>
- [10] <http://www.labara.cz/cs/izolanty/pevne/desky/146-sklotextitove-desky>
- [11] <http://www.cncshop.cz/es-m32320-easy-servo-motor-2nm>
- [12] <http://www.cncshop.cz/es-d508-easy-servo-driver-50v-8a>
- [13] <http://www.apexdynaczech.cz/produkty/uhlova-planetova-prevodovka-abr/>
- [14] [http://www13.boschrexroth-us.com/Framing\\_Shop/Product/Default.aspx?Group=101](http://www13.boschrexroth-us.com/Framing_Shop/Product/Default.aspx?Group=101)
- [15] <http://www.tme.eu/cz/details/pololu-2310/mikromotorky-a-prislusenstvi/pololu/lact10-12v-20-%20linear-actuator/?brutto=1&gclid=Cj0KEQjwxPbHBRCdxJLF3qen3dYBEiQAMRyxS7r0LSi7-%20axPI-Q6X4AbRgiKOcuz2LdYF1ajFFTBDysaAuZw8P8HAQ>
- [16] <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>
- [17] <http://www.backer-elektro.cz/produkty/topne-patrony>
- [18] <http://www.jspsshop.cz/snimace-teploty-pro-bezdotykove-mereni/bezkontaktni-ir-snimac-teploty-rady-cs/>
- [19] <http://www.pegas.cz/en/sms-technology>
- [20] <http://www.pegas.cz/technologie-spunbond>
- [21] [http://www.zsondrejov.cz/Vyuka/F-8/Teplo\\_05.pdf](http://www.zsondrejov.cz/Vyuka/F-8/Teplo_05.pdf)
- [22] <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/70-hustota-sucheho-vzduchu>
- [23] [https://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Brn%C3%A1\\_tepeln%C3%A1\\_kapacita](https://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Brn%C3%A1_tepeln%C3%A1_kapacita)
- [24] <http://www.xiron.ru/content/view/58/28/>

[ 25 ] Prof. Ing. LUBOMÍR PEŠÍK, CSc. Části strojů, 1 díl, vyd: Technická univerzita v Liberci, 2010.

[ 26 ] Prof. Ing. LUBOMÍR PEŠÍK, CSc. Části strojů, 2 díl, vyd: Technická univerzita v Liberci, 2010.

## Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 - Struktura čtyřvrstvého laminátu SB/MB/NV/SB	11
Obrázek 2 - Chemický vzorec PP	12
Obrázek 3 - Chemický vzorec PVDF	13
Obrázek 4 - Propouštění pásu přes speciální vidlici [4]	14
Obrázek 5 - Lisovací forma [5]	15
Obrázek 6 - Schéma plisovacího zařízení filtračního materiálu [6]	15
Obrázek 7 - Schematické znázornění způsobu výroby filtru [7]	16
Obrázek 8 - Matriční válce se speciálními zuby	17
Obrázek 9 - Tvary zubů	17
Obrázek 10 - Posun polotovaru	18
Obrázek 11 - Konstrukce tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru s uzavřeným a otevřeným víkem	19
Obrázek 12 - ES-M22430 Easy Servo Motor a ES-D808 - easy servo driver 80V [9]	20
Obrázek 13 - Úhlová planetová převodovka Apex Dynamics řada [11]	21
Obrázek 14 – Rám	21
Obrázek 15 - Lineární mechanismus (aktuátor LACT10) [13]	22
Obrázek 16 - Uchycení navijáku s pásem	23
Obrázek 17 - Mechanismus pro podávání pásu	23
Obrázek 18 - Ultrazvukový dálkoměr HC-SR04 [14]	24
Obrázek 19 - Tvarovací jednotka pro tvarování polotovaru filtru	25
Obrázek 12 – Geometrie zubu a drážky	25
Obrázek 21 - Napínač pásu	26
Obrázek 22 - Mechanismus navíjení pásu	27
Obrázek 23 - Struktura laminátu SMS technologie	32
Obrázek 24 - Pozice aktuátoru	37
Obrázek 25 - Topná patrona se závitovou přírubou	39
Obrázek 26 - Rozměry určitého prostoru	42
Schéma 1- Odvíjení polotovaru	18



## Seznam příloh

Příloha 1- SMS technologie (spunbond / meltblown / spunbond)	33
Příloha 2 - Technologie spunbond	34
Příloha 3 - Vlastnosti a ovládaní Servomotoru ES-M22430	35
Příloha 4 - Úhlová planetová převodovka Apex Dynamics řada ABR	36
Příloha 5 - Popis aktuátoru LACT10	37
Příloha 6 - Výpočet pozic aktuátoru	38
Příloha 7 - Topná patrona	40
Příloha 8 - Popis bezkontaktního IR snímače teploty CS se zabudovanou elektronikou	41
Příloha 9 - Výpočet množství tepla Q	42
Příloha 10 - Výkres – Konstrukce tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru – kusovník	44
Příloha 11 - Výkres - Konstrukce tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru	45
Příloha 12 - Výkres - Mechanismus navíjení pásu na cívku	46
Příloha 13 - Výkres - Svařenec	47
Příloha 14 - Výkres - Hřídel	48
Příloha 15 - Výkres - Čelní ozubené kolo se šikmými zuby	49
Příloha 16 - Výkres - Horní deska hlavního uzlu	50

## Příloha 1

### SMS technologie (spunbond / meltblown / spunbond) [19]

Kombinace textilie s technologií *spunbond* (S) a *meltblown* (M) dává strukturu typu SMS (jeho struktura se skládá ze dvou netkaných vrstev, mezi kterými je meltblow vrstva, nebo typu SSMMS (jeho struktura se skládá ze tří spunbond vrstvy prokládané dvěma meltblown vrstvy). Výsledný kompozit - tkanina má vynikající fyzikální vlastnosti (pevnost, pružnost, otěr, odolnost proti přetržení atd) a bariérové vlastnosti zabráňující úniku velmi jemných částic a mikroorganismů.



Obrázek 23 – Struktura laminátu SMS technologie

SMS kompozitní materiál má velmi dobré hydrofobní vlastnosti (vysoký vodní sloupec) a je vhodný například pro:

- vnitřní stranu pásky dětských plen zabráňující protečení
- ochranné pracovní oděvy
- osobní respirátory
- filtrace a separace vzduchu

## Příloha 2

### Technologie spunbond [20]

#### Výroba

Podstata výroby netkané textilie technologií *spunbond* spočívá v přímém zvlákňování polymerních granulátů na nekonečná vlákna (filamenty), která následně vytváří plošnou netkanou textilií. Odpadá tak pro ostatní textilní útvary charakteristická prvotní výroba vláken a jejich konverze na plošný útvar až v dalším kroku. K výrobě tohoto typu netkaných textilií používáme polypropylen (PP) - mono vlákna, nebo kombinaci polypropylenu a polyethylenu (PP/PE) - bikomponentní vlákna.

#### Vlastnosti

- Rozsah plošných hmotností: mono 10 - 100 g/m<sup>2</sup>, biko 12 - 80 g/m<sup>2</sup>
- Rovnoměrné rozložení vláken v plošné textilií, určující charakteristické hodnoty vlastností, které jsou v podélném a příčném směru v poměru cca 2:1
- Vysoká konečná pevnost textilního útvaru zapříčiněná vysokou pevností nekonečných vláken (filamentů)
- Charakteristická jemnost jednotlivých filamentů může být v rozmezí 0,9 - 3,5Tden

## Příloha 3

### Vlastnosti a ovládaní Servomotoru ES-M22430

Výrobce: Leadshine Technology Co.,Ltd.

Vlastnosti Servo Motor ES-M22430

- Zlepšená a optimalizovaná technika připojení
- Systém konektorů vhodný pro průmyslové použití
- Optimalizované sady kabelů, vhodné pro použití v energetických řetězech
- Volitelně: Pojistná brzda

Výrobce: Leadshine Technology Co.,Ltd.

ES-D808 - easy servo driver 80V 8A

- Napájecí napětí do 80VDC, špičkový proud do 8,2A
- Plně digitální driver, možnost kompletního SW nastavení a tuningu
- doporučený motor: ES-M22430, ES-M23480

Ovladače motorů ES-M22430

- Automatické snížení proudu do motoru
- Aktivní sledování úhlu natočení a potlačení rezonancí
- Automatická aktivace brzdy motoru
- Řetězení příkazů k pohybu
- Rychlé odměřování
- Synchronní chod
- Neomezené polohování
- Funkce rychlého zastavení
- Samočinné nastavení rozlišení kroku (automatické vyhlazování): ve funkci

automatického vyhlazování se pohon sám optimalizuje a nastavuje rozlišení kroku ve vztahu k rychlosti posuvu.

- Konstantní rozlišení kroku pro jedinečnou charakteristickou křivku motoru: Je možné

definovat konstantní rozlišení kroku, aby chod motoru probíhal se stanovenou charakteristickou křivkou motoru.

- Digitální vstupy a výstupy jsou chráněny proti zkratu, přetížení a přepólování napětí.

## **Příloha 4**

### **Úhlová planetová převodovka Apex Dynamics řada ABR**

#### Podrobný popis

- Kompletní rozsah převodových poměrů 2 až 50
- Výstupní moment: 14 N. m. až 2000 N. m.
- 7 velikostí: 42 mm až 220 mm
- Malá vůle v ozubení – až 2 arc.min
- Nízká hlučnost – nižší než 56dB
- Vysoká účinnost – až 97%
- Výstupní hřídel s perem nebo hladká
- Tuhé mazivo pro celou životnost
- Převodovky lze spojit s jakýmkoliv motorem během několika sekund
- Certifikace ATEX

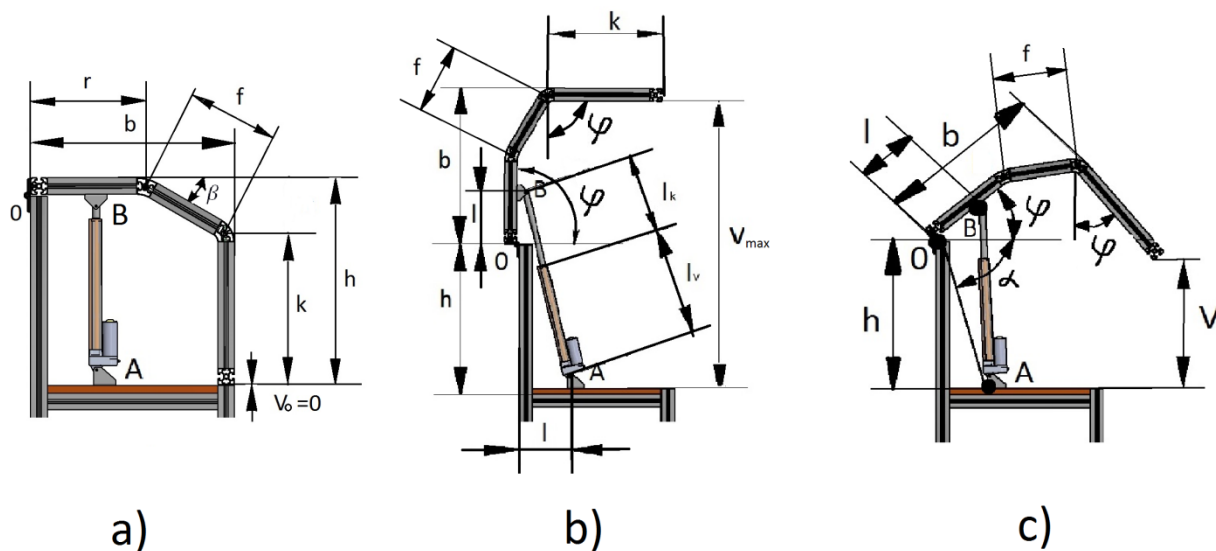
## **Příloha 5**

### **Popis aktuátoru LACT10**

- Výrobce POLOLU - china
- Napájecí napětí 12V DC
- Max zdvih 300mm
- Transformační poměr 20:1
- Max. pracovní proud 10A
- Pracovní proud 500mA
- Vlastnosti motorů lineární motor

## Příloha 6

### Výpočet pozic aktuátoru



Obrázek 24- pozice aktuátoru

Hodnoty z modelu:

$$r = 310 \text{ mm} = 0.31 \text{ m}$$

$$f = 246 \text{ mm} = 0.246 \text{ m}$$

$$k = 408 \text{ mm} = 0.408 \text{ m}$$

$$l = 133 \text{ mm}$$

$$\beta = 35^\circ$$

Rychlost pístu  $c = \text{konstanta}$ .

$$b = r + f \cos \beta,$$

$$h = k + f \sin \beta,$$

$$V = h + b \sin \varphi - h \cos \varphi,$$

$$V = k + f \sin \beta + (r + f \cos \beta) \sin \varphi - (k + f \sin \beta) \cos \varphi,$$

$$V_0 = 0 \rightarrow \varphi = 0^\circ$$

$$V_0 = k + f \sin \beta + (r + f \cos \beta) \sin 0^\circ - (k + f \sin \beta) \cos 0^\circ,$$

$$V = V_{max} \rightarrow \varphi = 90^\circ$$

$$V_{max} = k + f \sin \beta + (r + f \cos \beta) \sin 90^\circ - (k + f \sin \beta) \cos 90^\circ,$$

$$V_{max} = 0.408 + 0.246 \sin 35^\circ + (0.408 + 0.246 \cos 35^\circ) \sin 90^\circ = 1.06 \text{ m}$$

Podle kosinové věty pro  $\Delta OAB$  platí:

$$\cos(\varphi + \alpha) = \frac{2l^2 + h^2 - (h + ct)^2}{2l\sqrt{l^2 + h^2}},$$

odkud dostáváme závislost  $\varphi = \varphi(t)$  ve tvaru,

$\varphi$  – časový průběh polohového uzlu

$$\varphi = \arccos \frac{2l^2 + h^2 - (h + ct)^2}{2l\sqrt{l^2 + h^2}} - \arctg \frac{h}{l},$$

kde jsme dosadili  $\alpha = \arctg \frac{h}{l}$

Úhlovou rychlost dostáváme ve tvaru:

$$\omega = \dot{\varphi} = \frac{2(h + ct)c}{\sqrt{4l^2(l^2 + h^2) - [2l^2 + h^2 - (h + ct)^2]^2}},$$

Úhlové zrychlení určíme další derivací podle času:

$$\varepsilon = \dot{\omega} = 2 \frac{c^2 \{4l^2(l^2 + h^2) - [2l^2 + h^2 - (h + ct)^2]^2\} - 2c^2(h + ct)^2[2l^2 + h^2 - (h + ct)^2]}{\{4l^2(l^2 + h^2) - [2l^2 + h^2 - (h + ct)^2]^2\}^{3/2}}$$



## Příloha 7

### Topná patrona

Topné patrony válcového tvaru se vyznačují vysokým výkonem. Umožňují uložení ve volném prostoru. Elektrické připojení je možné rovným, kolmým, nebo opředěným kabelem.



*Obrázek 25 - Topná patrona se závitovou přírubou*

Technické charakteristiky:

- průměr D - 8mm
- délka L – 80 mm
- závít M10

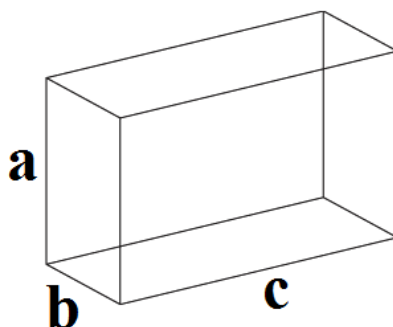
## Příloha 8

### Popis bezkontaktního IR snímače teploty CS se zabudovanou elektronikou

Optické rozlišení	15:1
Měřicí rozsah	-40 až +400 °C
Spektrální rozsah	8 až 14 μm
Přesnost	±1,5 % nebo ±1,5 °C
Opakovatelnost	±0,75 % nebo ±0,75 °C
Rozlišení	0,1 °C
Čas odezvy	25 ms až 999 s (93 %), nastavitelné
Emisivita	0.100 až 1.100 (nastavitelná přes 0 až 5 VDC nebo software)
Propustnost	0.100 až 1.100
Zpracování signálu	hold min. a max. hodnot, průměrování, rozšířené funkce hold s nastavením práhu a hystereze
Výstup (analog)	0 až 5 VDC nebo 0 až 10 VDC 1 / 10 / 100 mV / °C
Výstup (alarm)	0 až 30 VDC / 50 mA (otevřený kolektor)
3stavový výstup alarmu	nastavitený práh hodnot a úrovní napětí pro no alarm, pre-alarm, alarm
LED funkce	indikace alarmu, auto podpora zaměření, vlastní diagnostika, teplotní indikace (přes teplotní kód)
Vstupy	programovatelný funkční vstup pro externí nastavení teploty (emisivita/prostředí) (0 až 5 VDC), HOLD funkce nebo RS232 / USB (volitelné) komunikace
Propojení s PC	pomocí sady TM-USBK-CS (není součástí dodávky – viz související zboží)
Délka kabelu	1, 3, 8 a 15 m (dle varianty)
Napájení	4 mA (bez LED), 10 mA (5 až 30VDC)
Stupeň ochrany	IP 63 (NEMA-4)
Provozní teplota	-20 až 80 °C
Skladovací teplota	-20 až 85 °C
Relativní vlhkost	10 až 95 % nekondenzující
Vibrace	IEC 68-2-6: 3G, 11 až 200 Hz, všechny osy
Otřesy	IEC 68-2-27: 50G, 11 ms, všechny osy
Hmotnost	58 g

## Příloha 9

### Výpočet množství tepla Q



Obrázek 26 – Rozměry určitého prostoru

Hodnoty z modelu:

$$a = 180\text{mm} = 0,180\text{m}$$

$$b = 96\text{ mm} = 0,096\text{m}$$

$$c = 112\text{ mm} = 0,112\text{m}$$

Množství tepla potřebného pro ohřátí látky spočítáme ze vztahu, [21]

$$Q = c * m * (t_2 - t_1),$$

$$t_1 = 24^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 125^\circ\text{C}$$

Při teplotě  $24^\circ\text{C}$  :

$$\text{hustota vzduchu } \rho = 1,172\text{ [kg} \cdot \text{m}^{-3}\text{]}, [22]$$

$$\text{měrná tepelná kapacita } C = 1007\text{ [J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$$

Objem prostoru V [ $\text{m}^3$ ]:

$$V = a * b * c = 0.00193536\text{ m}^3,$$

hmotnost vzduchu  $m_v$  [kg]:

$$m_v = \rho * V = 1.172 * 0.00193536 = 0.002268\text{ kg},$$

$$Q = c * m * (t_2 - t_1) = 1007 * 0.002268 * (125 - 24) = 230.67\text{J},$$

$$1\text{J} = 1\text{Ws},$$

$$3600\text{J} = 1\text{Wh},$$

$$230.67\text{J} = 230.67\text{Ws} = 0,064\text{Wh},$$

Množství tepla  $\dot{Q}$ , které unikne.

Hodnoty z modelu:

Tloušťka stěny  $\delta = 10\text{mm} = 0,01\text{ m}$

Plocha  $\sum S = 0,096384\text{ m}^2$

Součinitel tepelné vodivosti materiálu sklotextit je  $0,3\text{ [Wm}^{-1}\text{K}^{-1}]$ , [24]

plošná hustota tepelného toku:

$$\dot{q} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{W}],$$

Z tabulek pro vzduch a teplotu:  $\gamma, \lambda, Pr, \nu$

Grashoffovo číslo

$$Gr = \frac{g * d_u^3 * \gamma * \Delta t}{\nu^2},$$

Nusseltovo číslo

$$Nu = C * (Pr * Gr)^n,$$

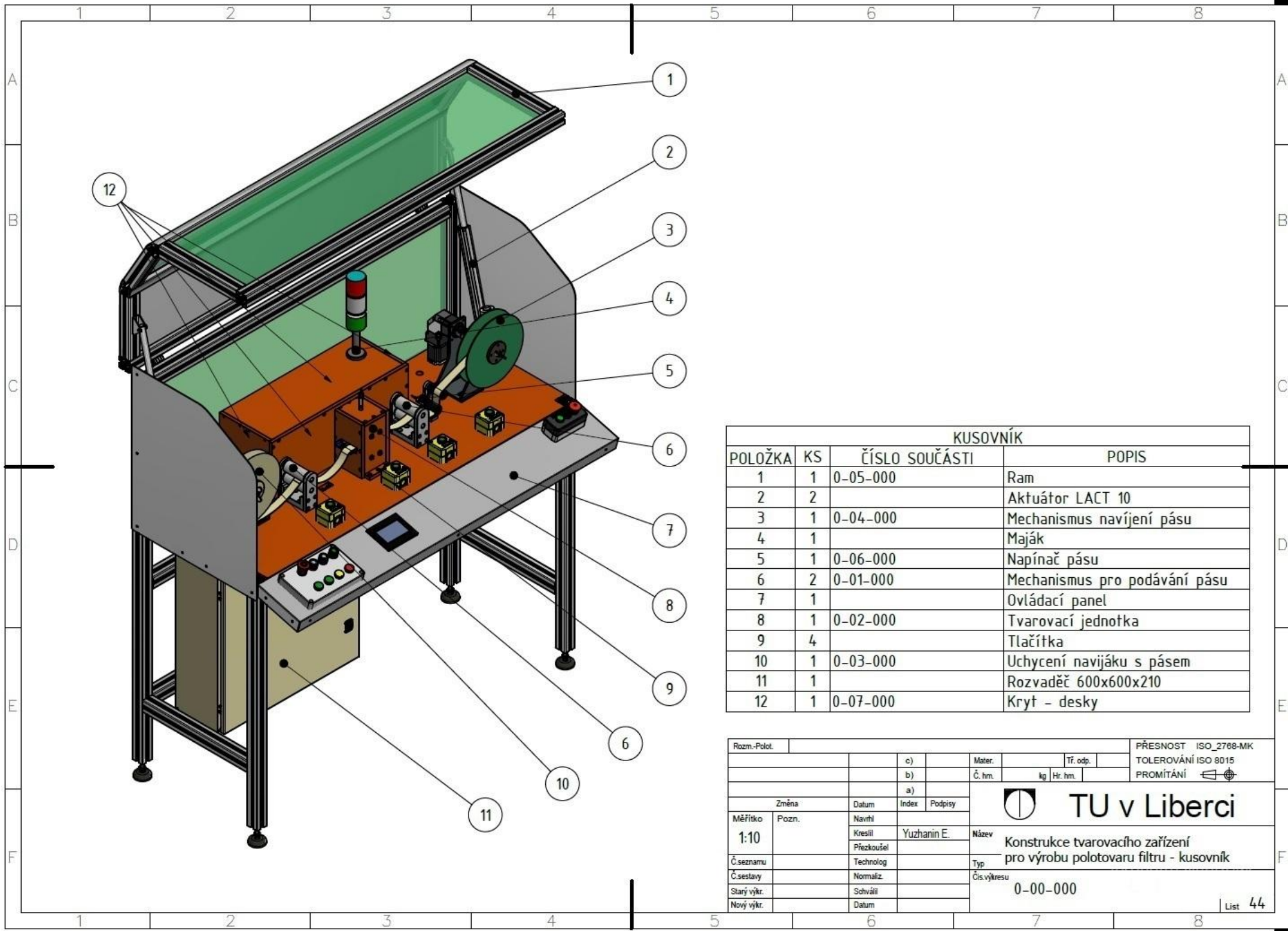
- dle součinu  $Pr * Gr$  se najdou exponent  $n$ ,  $C$

Součinitel přestupu tepla:



$$\alpha = \frac{\lambda * Nu}{d} \quad \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * \text{K}} \right],$$

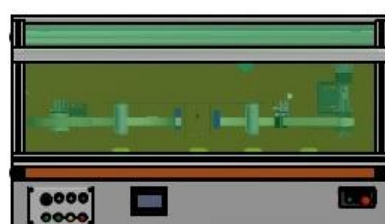
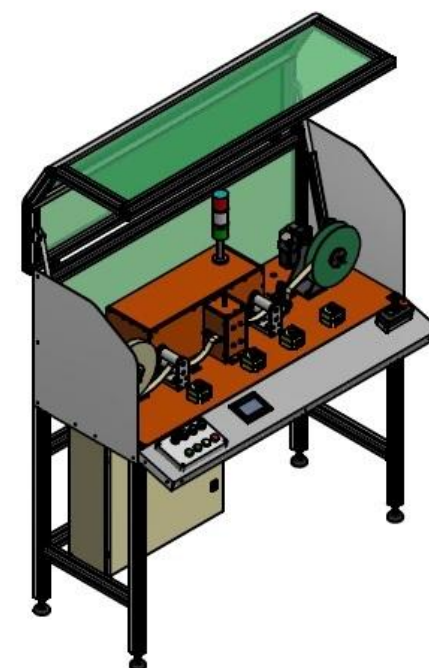
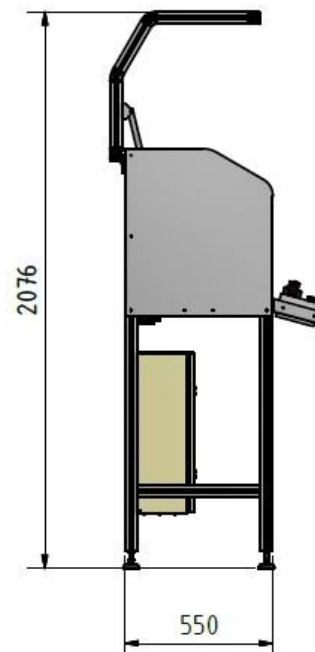
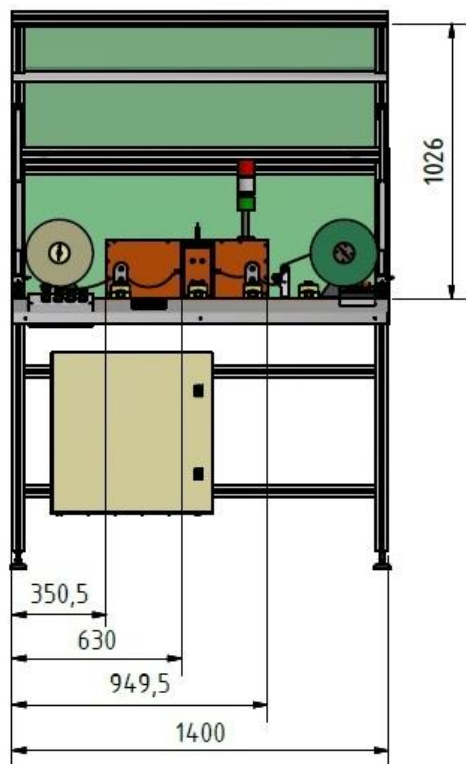
Tepelné ztráty:

$$\dot{Q} = S * \dot{q} \quad [\text{W}]$$

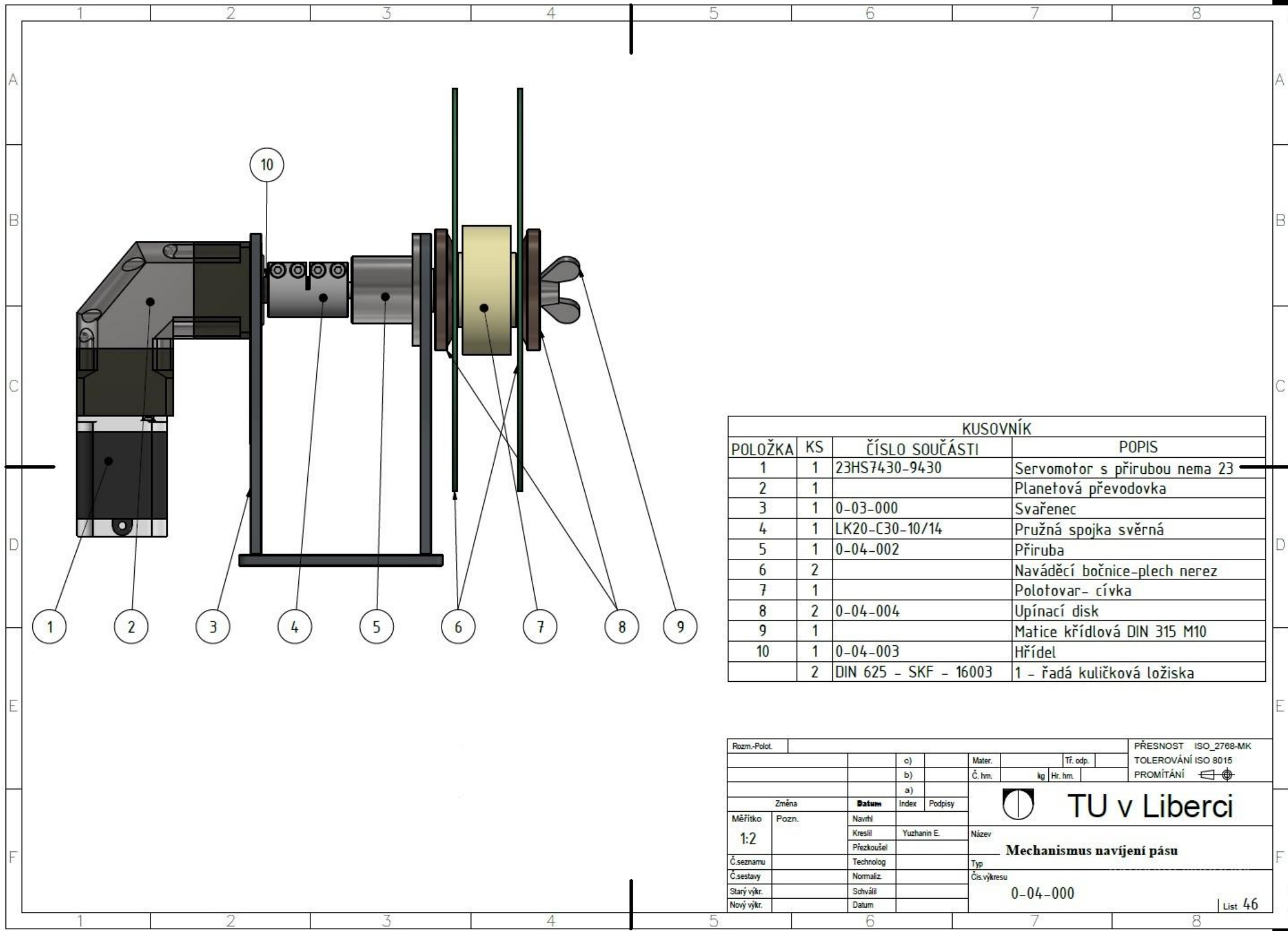


KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	0-05-000	Ram
2	2		Aktuátor LACT 10
3	1	0-04-000	Mechanismus navíjení pásu
4	1		Maják
5	1	0-06-000	Napínač pásu
6	2	0-01-000	Mechanismus pro podávání pásu
7	1		Ovládací panel
8	1	0-02-000	Tvarovací jednotka
9	4		Tlačítka
10	1	0-03-000	Uchytení navijáku s pásem
11	1		Rozvaděč 600x600x210
12	1	0-07-000	Kryt - desky



Rozm.-Polot.						PŘESNOST ISO 2768-MK	
				Mater.		Tř. odp.	
		c)		Č. hm.		kg	Hr. hm.
		b)		TOLEROVÁNÍ ISO 8015			
		a)		PROMÍTÁNÍ 			
Změna		Datum	Index	Podpisy	<div> TU v Liberci</div>		
Měřítka	Pozn.			Název			
1:10		Kreslil	Yuzhanin E.	Konstrukce tvarovacího zařízení			
		Přezkoušel		pro výrobu polotovaru filtru - kusovník			
Č.seznamu		Technolog		Typ			
Č.sestavy		Normaliz.		Čís.výkresu	0-00-000		
Starý výkr.		Schválil					
Nový výkr.		Datum					
					List		



Rozm.-Polot.						PŘESNOST ISO 2768-MK							
				o)		Mater.		Tř. odp.		TOLEROVÁNÍ ISO 8015			
				b)		Č. hm.		kg Hr. hm.		PROMÍTÁNÍ 			
				a)						 <b>TU v Liberci</b>			
Změna		Datum		Index		Podpisy							
Měřítko	Pozn.	Navtl		Yuzhanin E.		Název		Konstrukce tvarovacího zařízení pro výrobu polotovaru filtru					
1:20		Kresil											
		Přezkoušel				Typ		Čís.výkresu 0-00-000					
Č.seznamu		Technolog											
Č.sestavy		Normaliz.				Čís.výkresu 0-00-000		I list 45					
Starý výkr.		Schválil											
Nový výkr.		Datum											

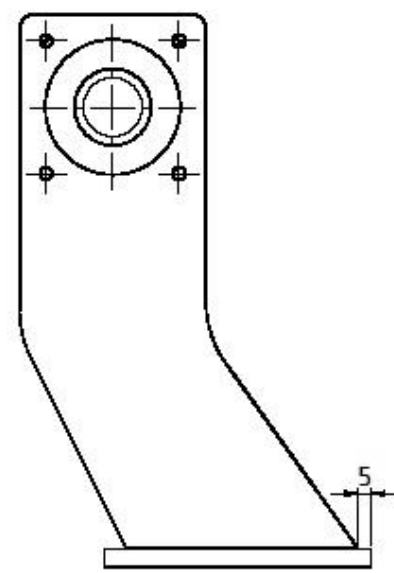
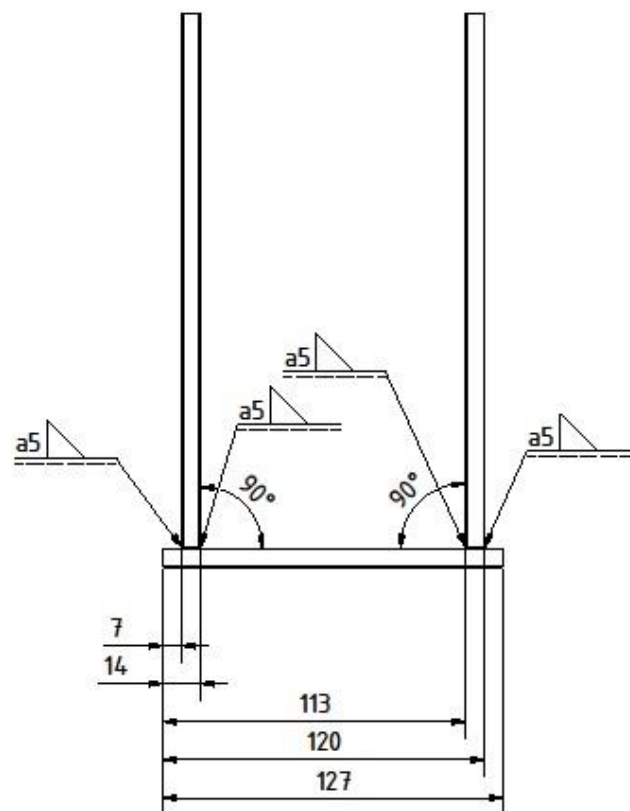


KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	23HS7430-9430	Servomotor s přírubou nema 23
2	1		Planetová převodovka
3	1	0-03-000	Svařenec
4	1	LK20-C30-10/14	Pružná spojka svěrná
5	1	0-04-002	Příruba
6	2		Naváděcí bočnice-plech nerez
7	1		Polotovár- cívka
8	2	0-04-004	Upínací disk
9	1		Matice křídlová DIN 315 M10
10	1	0-04-003	Hřídel
	2	DIN 625 - SKF - 16003	1 - řadá kuličková ložiska

Rozm.-Polot.						PŘESNOST ISO_2768-MK								
				c)			Mater.			Tř. odp.			TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
				b)			Č. hm.			kg	Hr. hm.			PROMÍTÁNÍ 
				a)			<div> <b>TU v Liberci</b></div> <div><b>Mechanismus navijení pásu</b></div>							
Změna		<b>Datum</b>		Index	Podpisy									
Měřítka	Pozn.	Navrhl				Název								
1:2		Kreslil		Yuzhanin E.										
		Přezkoušel												
Č.seznamu		Technolog				Typ								
Č.sestavy		Normaliz.				Čís.výkresu								
Starý výkr.		Schválil				0-04-000								
Nový výkr.		Datum												

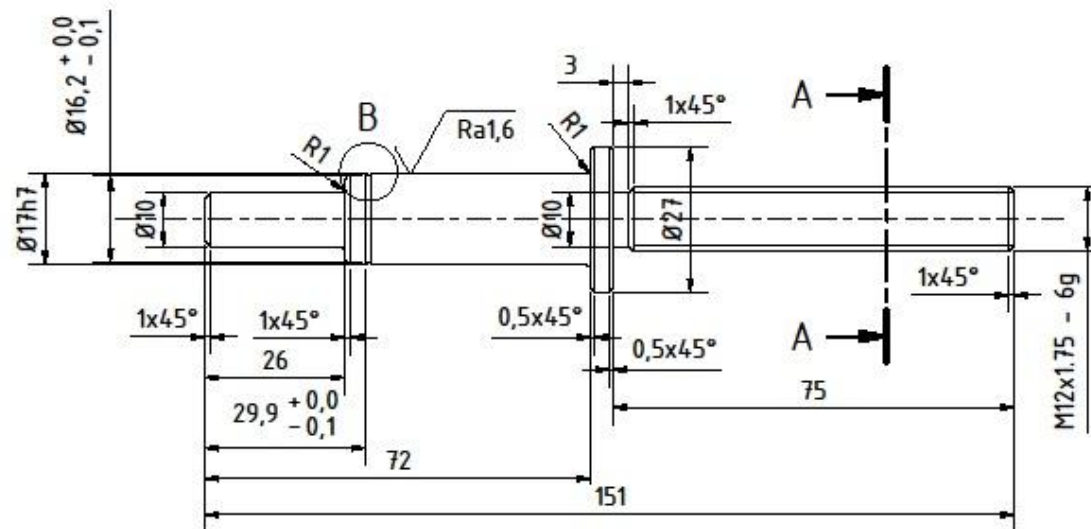
List 46



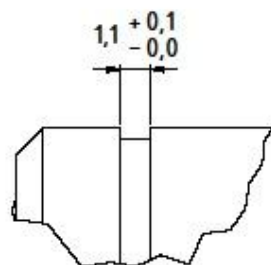




Rozm.-Pozit.						PŘESNOST ISO_2768-MK					
		c)		Mater.		11 373		Tř. odp.		TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
		b)		Č. hm.		kg		Hr. hm.		PROMÍTÁNÍ 	
		a)									
Změna		Datum		Index		Podpis		 TU v Liberci			
Měřítka		Pozn.		Navrhl		Kreslil				Yuzhanin E.	
1:2						Přezkoušel					
Č. seznamu				Technolog							
Č. sestavy				Normaliz.							
Starý výkr.				Schválil				Typ		Svařenec	
Nový výkr.				Datum				Čís. výkresu		0-03-000	
										List 47	





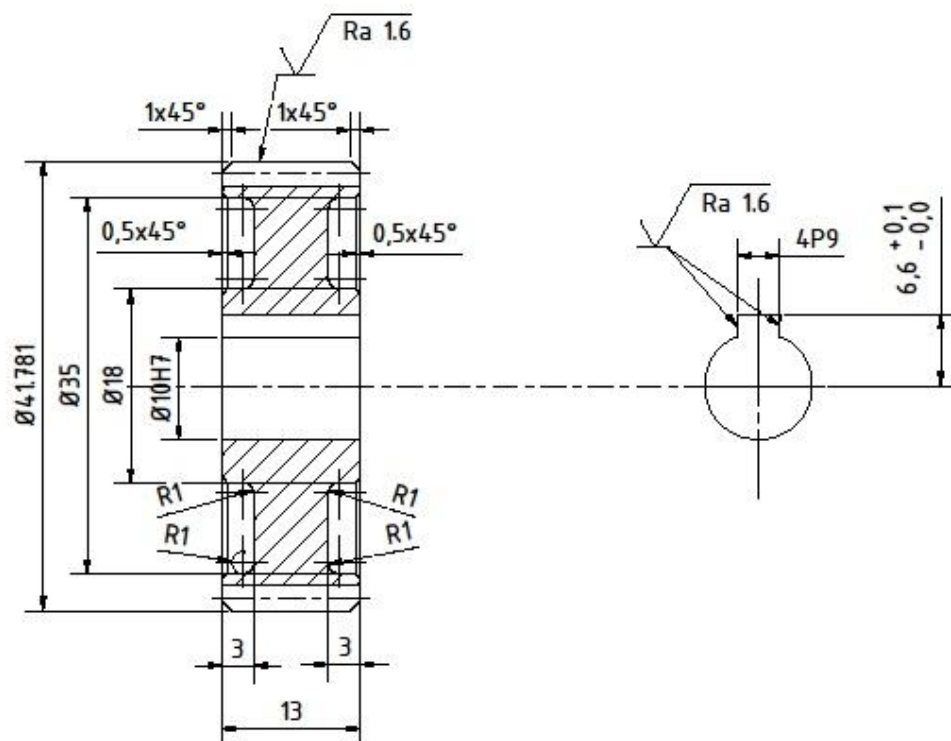
B ( 5 : 1 )



Rozm.-Počet		Tyč ocelová kruhová Ø22x 170 ČSN EN 10060					PŘESNOST ISO 2768-MK		
		c)		Maler.	11 600	Tř. odp.		TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
		b)		Č. hm.	kg	Hr. hm.		PROMĚTÁNÍ 	
		a)		 TU v Liberci					
Změna		Datum	Index						Podpis
Měřítko 1:1	Pozn.	Navrhl							
		Kreslil	Yuzhanin E.						Název
		Přezkoušel							Hřídél
Č. seznamu		Technolog		Typ					
Č. sestavy		Normaliz.		Čís. výkresu					
Starý výkr.		Schválil		0-04-003					
Nový výkr.		Datum							

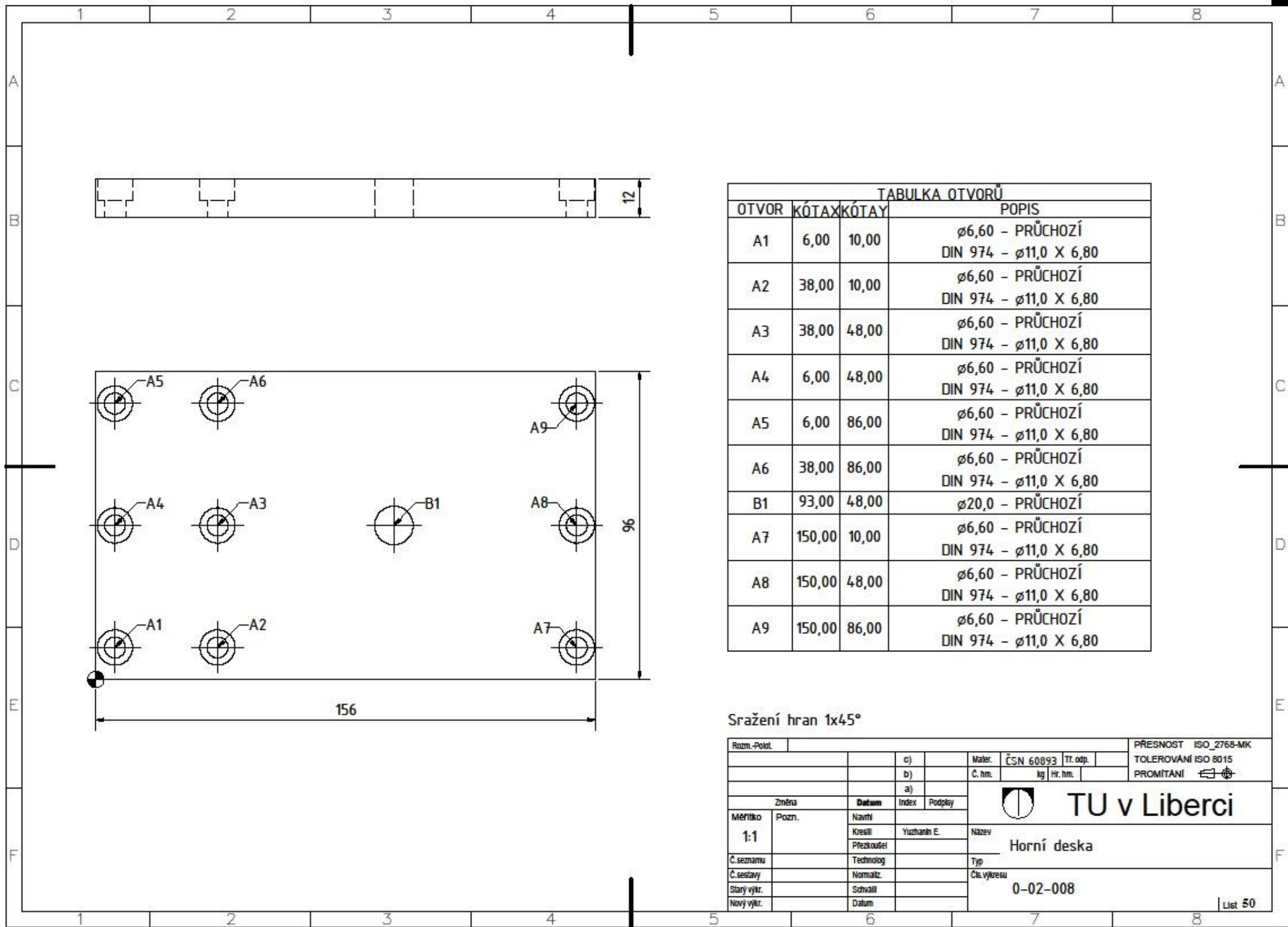
List 48

√ 3.2 (✓)



Modul	m	1
Počet zubů	z	36
Normální základní profil	-	ČSN 01 4607
Úhel sklonu boční křivky zubu		20°
Smysl stoup. boční křivky zubu	-	
Jednotkové posunutí	x	1.909
Stupeň přesnosti dle	-	ČSN 01 4602
Úhel záběru	$\alpha$	20°
Kontrolované mezní úchytky	dvoubokého odvalu za otáčku	F <sub>ri</sub>
	dvoubokého odvalu za rozeč	F <sub>r</sub>
	sklonu zubu	F <sub>b</sub>
	vzdálenost os	f <sub>a</sub>
Kontrolní rozměr	mezní úchytky jn. vzdál. os	Ea <sup>h</sup> s
	dojní	Ea <sup>d</sup> i
	přes vřetelky	-
Spoluzabírající kolo	číslo výkresu	-
	počet zubů	z 36
	vzdálenost os	$\alpha_c$ 4.0 mm
Modul	m <sub>n</sub>	1.064 mm
Počet zubů hřebenu, segmentu	z	
Průměr základní kružnice	d <sub>b</sub>	35.724 mm
Průměr rozečecí kružnice	d	38.31 mm
Průměr patní kružnice	d <sub>f</sub>	37.719 mm
Úhel sklonu boční křivky zubu na základním válci	$\beta$	
Úhel os	$\Sigma$	

Rozm.-Polst.						Mater.		ČSN 12 051		Tr. odp. 007		PŘESNOST ISO 2768-MK	
				c)				Č. tm.		kg Hr. tm.		TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
				b)								PROMITÁNÍ 	
				a)									



TABULKA OTVORŮ			
OTVOR	KOTAX	KOTAY	POPIS
A1	6,00	10,00	ø6,60 - PRŮCHOZÍ DIN 974 - ø11,0 X 6,80
A2	38,00	10,00	ø6,60 - PRŮCHOZÍ DIN 974 - ø11,0 X 6,80
A3	38,00	48,00	ø6,60 - PRŮCHOZÍ DIN 974 - ø11,0 X 6,80
A4	6,00	48,00	ø6,60 - PRŮCHOZÍ DIN 974 - ø11,0 X 6,80
A5	6,00	86,00	ø6,60 - PRŮCHOZÍ DIN 974 - ø11,0 X 6,80
A6	38,00	86,00	ø6,60 - PRŮCHOZÍ DIN 974 - ø11,0 X 6,80
B1	93,00	48,00	ø20,0 - PRŮCHOZÍ
A7	150,00	10,00	ø6,60 - PRŮCHOZÍ DIN 974 - ø11,0 X 6,80
A8	150,00	48,00	ø6,60 - PRŮCHOZÍ DIN 974 - ø11,0 X 6,80
A9	150,00	86,00	ø6,60 - PRŮCHOZÍ DIN 974 - ø11,0 X 6,80

Sražení hran 1x45°

Rozm.-Počet						PŘESNOST ISO_2768-MK	
		c)		Mat.	ČSN 60893	Tř.odp.	TOLEROVÁNÍ ISO 8015
		b)		Č.hm.	kg	Hr.hm.	PROMITÁNÍ
		a)					
Změna		Datum	Index	Podpis	TU v Liberci		
Měřítka	Pozn.	Navrhl					
1:1		Kreslil	Yuzhanin E.		Horní deska		
Č.seznamu		Přezkoušel					
		Technolog			Typ		
Č.sedavy		Normaliz.			Čís.výkresu		
Starý výkr.		Schválil			0-02-008		
Nový výkr.		Datum					